



Universidade do Minho
Departamento de Biologia
Departamento de Ciências da Terra

António José de Almeida Freitas

Tese de Mestrado

Colonização de muros antigos da cidade de Braga por
Trachelium caeruleum L.:
um estudo de bioreceptividade e adaptação

Trabalho realizado sob a orientação de

Professora Doutora Ana Cristina Gomes da Cunha – Departamento de Biologia
(U.M.)

Professor Doutor Carlos Alberto Simões Alves – Departamento de Ciências da Terra
(U.M.)

Dezembro, 2006

DECLARAÇÃO

NOME: António José de Almeida Freitas

Endereço electrónico: antonfreitas@yahoo.com

Telem. 917628926

Nº B.I.: 5801980

Título da dissertação:

Colonização de muros antigos da cidade de Braga
por *Trachelium caeruleum* L.:
um estudo de bioreceptividade e adaptação

Orientadores:

- Professora Doutora Ana Cristina Gomes da Cunha – Departamento de Biologia – U.M.

- Professor Doutor Carlos Alberto Simões Alves – Departamento de Ciências da Terra – U.M.

Ano de conclusão: 2006

Designação do Mestrado:

Mestrado em Ciências do Ambiente (Ramo de Especialização em Qualidade Ambiental)

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE / TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE

Universidade do Minho, 11 /12/2006

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento institucional ao Centro de Investigação de Biologia e ao Núcleo de Investigação Geológica – Ordenamento e Valorização de Recursos, aos Departamentos de Biologia e de Ciências da Terra, na figura dos seus directores, pela disponibilização de todos recursos necessários à consecução deste trabalho.

São devidos agradecimentos sinceros aos meus orientadores.

À Professora Doutora Ana Cunha pela sua inestimável cumplicidade científica, aliada a uma enorme capacidade de trabalho e a um sentido rigoroso do tempo e das oportunidades.

Ao Professor Doutor Carlos Alves pelos muitos e proveitosos conselhos, pelo seu lado prático e resoluto e por ter acreditado quando era difícil crer.

Muito lhes devo.

Agradecimento a todos que desinteressadamente sempre se dispuseram a apoiar o meu trabalho com preciosas contribuições que muito o enriqueceram:

Ao inigualável Prof. Dr. Jorge Paiva pela amizade e prontidão com que sempre atendeu aos meus pedidos de identificação de espécies, quantas vezes a partir de simples fotografias.

Ao Sr. Ernestino Maravalhas, autor do livro “asborboletasdeportugal” pela simpatia e prontidão com que se prestou a identificar borboletas que polinizam *Trachelium caeruleum*.

À Prof. Dra. Amália Sequeira Braga, pelas suas sábias explicações e preciosa colaboração no estudo das argilas.

Ao Sr. Eduardo Pires de Oliveira, pelas informações e fontes de informações sobre Braga.

À Arq.^a Maria João Costa do IPPAR, Mosteiro de Tibães, pela cedência de informações, bibliografia e simpatia.

À Eng.^a Emília Leandro do Laboratório da Direcção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho pela pronta cedência de bibliografia.

Ao Dr. António Azevedo, do laboratório de Raios-X, pela confiança, disponibilidade e colaboração.

À Dr.^a Cristina Ribeiro pela pronta colaboração, profissionalismo e simpatia, bem como à Dr.^a Lúcia Guise.

Aos restantes técnicos do Departamento de Ciências da Terra e de Biologia pela sua pronta boa vontade e colaboração.

A todos os colegas do laboratório de Fisiologia Vegetal que sempre se mostraram disponíveis para me ajudar.

No plano mais pessoal agradeço ao meu filho, Tiago Freitas, pelo trabalho que teve na edição das imagens e da capa e à minha filha, Carolina Freitas, pela sua doce pré-adolescência e companhia. Sempre me apoiaram em tudo que estava ao seu alcance, sempre acreditando e motivando.

À Ana Duarte, pelo muito que nem sei expressar... e pela tradução.

Aos amigos certos de todas as horas.

Aos meus pais.

Aos meus irmãos.

À minha família.

O desenvolvimento da presente dissertação recebeu suporte financeiro do programa de financiamento plurianual das unidades de investigação da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no quadro do Programa Operacional Ciência e Inovação 2010, que está inserido no III Quadro Comunitário de Apoio e que é co-financiado pelo Fundo Europeu para o Desenvolvimento Regional (FEDER) da União Europeia e pelo Orçamento de Estado da República Portuguesa, no âmbito das actividades do Centro de Biologia e do Centro de Investigação Geológica, Ordenamento e Valorização de Recursos.

**Colonização de muros antigos da cidade de Braga por
Trachelium caeruleum L.: um estudo de bioreceptividade e adaptação**

RESUMO

Trachelium caeruleum é uma espécie vegetal mediterrânica, da família das CAMPANULACEA muito frequente em argamassas de muros da zona do centro histórico de Braga, mas que não foi identificada na parte moderna desta cidade.

Neste estudo pretendeu-se conhecer os factores que determinam a sua presença em certos muros antigos, onde surge com índices de abundância muito diversos, e a sua ausência noutros muros, por vezes contíguos.

Nesse sentido foram cartografadas os locais de ocorrência da espécie e definido um plano de amostragem de locais colonizados e não colonizados.

Nos muros seleccionados foi avaliada a orientação e condições relativas à exposição solar. Foi também testada *in situ* a dureza da superfície das argamassas, das quais foram colhidas amostras onde foram estudadas a presença de carbonatos (testes químicos qualitativos), as principais fases mineralógicas (por difracção de raios-X), o teor em água e em matéria orgânica, e características químicas da fracção solúvel (pH, teor em Ca, Mg e Fe por ICP-AES). Desta forma procuram-se semelhanças/dissemelhanças entre muros e argamassas colonizados e não colonizados.

Simultaneamente foram colhidas sementes com as quais se iniciaram estudos de germinação e se obteve material para iniciar culturas *in vitro* para o estabelecimento de protocolos de micropropagação por segmentos nodais.

In situ realizou-se o estudo do crescimento e densidade das populações nos locais de amostragem. Destes recolheram-se plantas nas quais se procedeu ao estudo do estado hídrico, da morfologia foliar e da resposta estomática.

O tratamento estatístico dos dados com recurso a Análise de Variâncias (ANOVA) e Análise de Componentes Principais (PCA) indicou diferenças, que podem ser significativas, no que diz respeito aos teores de cálcio, teor em água e presença de minerais argilosos, aos valores de pH, à dureza e às condições de exposição solar, entre o conjunto das presenças e cada uma das ausências consideradas de *per se*.

Foram também identificadas respostas de adaptação ecofisiológica ao nível da estrutura da folha, distintas para diferentes condições ambientais e, em particular, para as condições de ensombramento e água aí presentes. Identificaram-se agentes polinizadores de *Trachelium caeruleum* e alguns condicionalismos à dispersão da espécie em Braga.

Este estudo permitiu ainda formular um modelo hipotético sobre um conjunto de condições que deve estar reunido em simultâneo, não só a nível químico mas também ao nível da estrutura, que podem explicar a bioreceptividade à espécie ou a sua ausência nos diferentes muros.

É proposto que a avaliação da bioreceptividade dos muros não pode limitar-se à consideração das propriedades de um material específico mas deve considerar a forma como estão dispostos e interagem os diferentes elementos da estrutura, pelo que, nesta situação, será apropriado introduzir o conceito de bioreceptividade estrutural.

Apesar de existirem referências da literatura especializada que indicam *Trachelium caeruleum* como espécie autóctone na região do Minho, as observações desenvolvidas neste estudo sugerem o estatuto de espécie alóctone para esta planta, principalmente com base no critério de ausência de um habitat natural que reúna as condições requeridas pela espécie e da dependência e ocorrência estrita em habitat com intervenção antrópica.

Colonisation of ancient walls by *Trachelium caeruleum* L. in Braga: a study of bioreceptivity and adaptation

ABSTRACT

Trachelium caeruleum is a Mediterranean plant species of the CAMPANULACEA family which can often be found on mortars of walls of the historic centre of Braga, but not in its modern area.

Not only was the aim of this study trying to find out the reasons that may explain its existence on certain ancient walls (where the rates of its presence vary a lot) but also its absence on some contiguous walls.

Therefore, the places where the species exists have been signed on maps and it has been established a sampling plan of colonised and non-colonised places.

It has been studied the orientation and the conditions of the selected walls concerning solar exposure. It has also been studied the hardness of the mortars' surface *in situ*. Samples were taken from the mortars and studies concerning the presence of carbonates (qualitative chemical tests), the main mineralogical phases through X-ray diffraction, the water and organic matter contents, and chemical characteristics of the solvable fraction (pH, contents in Ca, Mg, and Fe through ICP-AES) were undertaken to investigate the similarities / differences between colonised and non-colonised walls and mortars.

Seeds were collected from plants *in situ* to establish *in vitro* culture protocols of germination and micropropagation. *In vitro* grown seedlings were used to start *in vitro* cultures from nodal segments

Growth and population density analyses were made on *in situ* plants from the sampling sites. Plants were then collected for studies concerning leaf morphology, water balance and the stomatal analyses. Statistical analyses results, running Variance Analysis (ANOVA) and Principal Components Analysis (PCA) methods, have showed differences that can be meaningful in respect to calcium and water contents, presence of clayey minerals, pH, hardness and solar exposure.

There have also been found different ecophysiological adaptations regarding the leaf structure - being substrate water content and shade the most important factors.

Pollinating agents and some conditionings to the spreading of the species have been found in Braga, too.

This study has permitted the formulation of a hypothetical model about the set of conditions which must simultaneously be found and that may explain the walls' bioreceptivity or its absence, being it in terms of chemical characteristics or structure.

The walls' bioreceptivity shouldn't be explained bearing just one item in mind, but the interaction of the different elements of a structure, which is the reason why it is accurate to introduce the concept of structural bioreceptivity.

Despite the fact that there is scientific literature which states that *Trachelium caeruleum* is an autochthonous species in Minho, the observations which have been taken during this study suggest that it should be considered an allochthonous one because of the lack of a natural habitat that fulfils its needs. Moreover, it only exists where there is sign of human action.

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vi
Índice	vii
Lista de abreviaturas e siglas	x
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento e perspectiva histórica	1
1.2. Estado da arte	5
1.2.1. Caracterização de <i>Trachelium caeruleum</i> L.	5
1.2.1.1. Breve descrição botânica e habitat	5
1.2.1.2. Interesse etnobotânico e medicina popular	7
1.2.1.3. Relevância em floricultura	8
1.2.2. Distribuição geográfica de <i>Trachelium caeruleum</i> L.	9
1.2.3. Condições para a colonização de muros	11
1.2.4. Muros: tipologias e materiais	13
1.2.5. Solo e nutrientes	18
1.2.5.1. Nutrientes minerais essenciais	18
1.2.6. Adaptação das plantas a diferentes condições ambientais	25
1.2.6.1. Respostas ecofisiológicas a diferentes condições de luz e teor de água	26
1.2.6.2. Adaptações das plantas ao nível de cálcio no solo: plantas calcícolas e calcífugas	29
1.2.7. Propagação clonal e culturas <i>in vitro</i>	30
1.3. Objectivos	32
2. Materiais e Métodos	33
2.1. Área de estudo	33
2.1.1. Enquadramento geográfico	33
2.1.2. Enquadramento geológico	38
2.2. Algumas espécies rupícolas e de insectos (Lepidoptera) presentes no local de estudo	41
2.3. Distribuição de <i>Trachelium caeruleum</i> L. na cidade e método de amostragem ...	41
2.4. Procedimento para a recolha e tratamento de amostras	45
2.5. Caracterização das condições de exposição solar dos locais amostrados	45
2.6. Metodologias para a análise de argamassas	47
2.6.1. Determinação da dureza superficial	47
2.6.2. Determinação do teor relativo em água	48
2.6.3. Testes químicos qualitativos	48
2.6.3.1. Teste com a fenolftaleína	48
2.6.3.2. Reacção com o ácido clorídrico	48
2.6.4. Análises químicas por ICP- AES	49

2.6.5. Análises por difracção de Raios –X.....	50
2.6.6. Quantificação da matéria orgânica.....	51
2.6.7. Determinação do pH	52
2.7. Metodologias para análise de plantas dos muros.....	52
2.7.1. Crescimento e morfologia	52
2.7.1.1. Análises biométricas das plantas	52
2.7.1.2. Área foliar específica.....	53
2.7.2. Teor hídrico relativo foliar.....	53
2.7.3. Análise estomática	54
2.8. Estabelecimento de culturas <i>in vitro</i> de <i>Trachelium caeruleum</i> L.	54
2.8.1. Recolha, limpeza e desinfecção de sementes.....	54
2.8.2. Condições de assepsia: preparação de meios de cultura e manipulação de material vegetal.....	54
2.8.3. Germinação de sementes	55
2.8.4. Micropropagação de segmentos nodais.....	56
2.8.5. Condições de crescimento das culturas	56
2.9. Análise estatística	56
3. Resultados e Discussão	58
3.1. Algumas espécies rupícolas e de insectos (Lepidoptera) presentes no local de estudo	58
3.1.1. Plantas colonizadoras dos muros antigos em Braga.....	58
3.1.2. Observação de lepidópteros em locais colonizados por <i>Trachelium caeruleum</i> L.	61
3.2. Referências geográficas dos locais amostrados	63
3.3. Características das estruturas de suporte	65
3.4. Nível de ensombramento dos locais amostrados.....	65
3.5. Caracterização de argamassas.....	67
3.5.1. Dureza superficial	67
3.5.2. Teor relativo em água	69
3.5.3. Testes químicos qualitativos	71
3.5.4. Análises por difracção de Raios-X	73
3.5.5. Caracterização química do extracto solúvel em água	78
3.5.6. Teor em matéria orgânica	82
3.6. Caracterização das populações de <i>Trachelium caeruleum</i> L.	85
3.6.1. Distribuição da espécie e bioreceptividade dos muros: um estudo por análise de componentes principais.....	85
3.6.1.1. Análise preliminar das variáveis (abióticas) dependentes	85
3.6.1.2. Selecção de variáveis dependentes e PCA.....	89
3.6.2. Crescimento e morfologia	95
3.6.2.1. Análise biométrica das plantas.....	95

3.6.3. Área foliar específica.....	99
3.6.4. Teor hídrico relativo foliar	102
3.6.4.1. Teor hídrico relativo foliar e ensombramento	104
3.6.5. Análise estomática	106
3.7. Culturas <i>in vitro</i> de <i>Trachelium caeruleum</i> L.	113
3.7.1. Germinação	113
3.7.2. Micropropagação por segmentos nodais.....	115
4. Discussão Geral, Conclusões e Perspectivas Futuras.....	116
4.1. Condições para a colonização e desenvolvimento da espécie em muros	116
4.1.1 Condições físico-químicas das argamassas e bioreceptividade	116
4.1.2 Processos de construção e restauro de muros e bioreceptividade.....	119
4.2. Estratégias adaptativas da espécie na cidade de Braga	119
4.2.1. Breves aspectos sobre a ecologia de <i>Trachelium caeruleum</i>	119
4.2.2. Respostas ecofisiológicas e plasticidade genética da espécie	120
4.3. Variáveis biométricas, índices de bioreceptividade e conservação	120
4.4. Dispersão da espécie em Portugal: um novo olhar	122
4.5. Perspectivas futuras	123
5. Referências	125
5.1. Bibliografia	125
5.2. URL (e data de consulta) e Outras Referências	130

Lista de abreviaturas e siglas

BMS	Biomassa microbiana do solo;
CAD	Capacidade de água disponível;
CAM	Crassulacean Acid Metabolism ou Metabolismo Ácido das Crassuláceas;
CEC	Cation Exchange Capacity ou capacidade de troca de cátions do solo;
DB-UM	Departamento de Biologia – Universidade do Minho;
DCT-UM	Departamento de Ciências da Terra – Universidade do Minho;
DNA	Ácido desoxirribonucleico;
DRX	Difractograma;
gam	Gametophytic count;
GA ₃	Giberelic acid ou ácido giberélico
GBIF	Global Biodiversity Information Facility;
IAA	Indole acetic acid ou ácido 3-indole-acético;
ICDD	International Centre of Diffraction Data;
ICP-AES	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry – Espectrometria de emissão com plasma indutivo;
IGM	Instituto Geológico e Mineiro;
INMG	Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica;
IOPI	International Organization for Plant Information;
IPCN	Index to Plant Chromosome Numbers;
KIN	Cinetina;
LD	Limite de detecção;
LOI	Loss-on-ignition ou perda ao rubro;
meq	miliequivalente;
MNHN	Museu Nacional de História Natural – Paris;
MOS	Matéria orgânica do solo;
MS	Meio basal Murashige e Skoog (1962);
p.f.	Peso fresco;
p.s.	Peso seco;
p.t.	Peso túrgido;
PCA	Principal Component Analysis ou Análise de Componentes Principais
PDF	Power Diffraction Files;
r	Coeficiente de correlação
r ²	Coeficiente de determinação
Ref	Referência;
RWC	Relative water content ou teor relativo em água;
SD	Desvio padrão;
SLA	Specific leaf área ou área foliar específica;
subsp.	Subespécie.



Trachelium caeruleum em monumento de Braga (fotografia do autor, 2006)

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento e perspectiva histórica

Where do species live? Why there?

Collinson A.

Nos muros do centro histórico da cidade de Braga ocorrem, a partir do fim da Primavera e até ao final do Verão, umas bonitas flores, pequeninas, mas reunidas em grandes inflorescências de um azul-violeta, pendendo dos muros, num espectáculo de cor e de harmonia raro, que anima o cinzento da pedra e o branco da cal. Estas belas plantas e a sua característica associação a estes muros são motivo de grande interesse para o autor desde há vários anos e constituem a razão de ser da presente obra.

O Mestrado de Ciências do Ambiente da Universidade do Minho apresenta um carácter multidisciplinar envolvendo a larga maioria dos departamentos da Escola de Ciências desta Universidade. Uma das áreas de investigação enquadráveis neste mestrado é a interacção entre organismos vivos e substratos inorgânicos, dentro da qual poderá inserir-se o estudo da colonização biológica de materiais de construção utilizados em estruturas arquitectónicas antigas. Sobre este último aspecto valerá a pena destacar, pelo seu carácter pioneiro na instituição, estudos iniciados no final da década de 90 do século passado e que resultaram na apresentação, no ano 2000, de uma dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente intitulada “Biodeterioração de um monumento da cidade de Braga. Estudo microbiológico da pedra granítica”, desenvolvida por Sónia Leite Magalhães sob co-orientação da Prof. Maria Amália Sequeira Braga (do Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho) e da Prof. Cecília Leão (nessa altura membro do Departamento de Biologia desta mesma Universidade). Estudos sobre plantas medicinais e aromáticas, nomeadamente mediterrânicas, e sobre processos afectando os materiais aplicados em estruturas arquitectónicas inserem-se, também, nas actividades das unidades de investigação envolvidas neste trabalho (Centro de Biologia e Núcleo de Investigação Geológica, Ordenamento e Valorização de Recursos).

Pretende-se que a presente dissertação constitua uma expressão do carácter multidisciplinar do Mestrado em Ciências do Ambiente ao estudar a colonização de edificações antigas (em cuja elaboração foram empregues diversos materiais) por uma determinada espécie vegetal: *Trachelium caeruleum* L.. Seguidamente é apresentado um esboço de enquadramento histórico que colige algumas informações que poderão contribuir para explicar a presença desta planta nas estruturas murárias da cidade de Braga.

A cidade de Braga, eminentemente religiosa, recebeu ao longo do tempo conventos e mosteiros de muitas congregações religiosas. Destas comunidades deve destacar-se, pela sua antiguidade, dimensão e importância o mosteiro Beneditino de Tibães.

Este, até pela sua natureza, dista da cidade alguns quilómetros, mas isso nunca foi razão para o seu isolamento. Ao longo de séculos Tibães foi um centro cultural de primeira importância. Fundado no século XI, recebeu carta de couto em 1110. Em 1567 tornou-se a Casa-Mãe da Congregação de São Bento em Portugal e no Brasil, ao que se seguiram importantes melhoramentos, incluindo uma nova Igreja já no século XVII, um importante monumento pela sua arte barroca [1,2]. Por razões de ordem prática e económicas, o mosteiro inaugurou uma botica, em 1797, reduzindo, com um investimento limitado, o montante gasto em aquisições a outras boticas de mosteiros da cidade de Braga, Santo Tirso ou Coimbra. Esta botica, aproveitou os conhecimentos e o exemplo de Frei João de Jesus Maria, do Mosteiro Beneditino de Santo Tirso, o qual dirigiu a mais importante botica da Ordem. Dava pelo título de Professor de Farmácia e Director do Laboratório Farmacêutico e Jardim Botânico do Convento de Santo Tirso e foi autor da *Pharmacopeia Dogmática*, em 1772 (Amaral, 1992 *in* 3).

Como esta existiam outras Farmacopeias - Antidotários e Farmacopeias - Dispensatórios, de autor único, dando lugar a uma grande criatividade e variedade de receitas.

Em 1794 é publicada uma farmacopeia oficial ficando, por ordem real, os boticários, os médicos e os cirurgiões obrigados, a partir de então, a guiarem-se apenas por ela (Guerra *et al.*, 1976).

O mosteiro de Tibães apesar da sua dimensão, ao contrário do de Santo Tirso, não possuía um jardim botânico, embora um “moço das ervas” estivesse ao serviço do boticário para colher as plantas na sua extensa cerca (Costa, 1992 *in* [3]).

Santo Tirso é um dos raros locais do Norte de Portugal onde *Trachelium caeruleum* ocorre. Esta espécie de planta cresce nos muros do Mosteiro Beneditino, tendo dele irradiado ao longo de um eixo de ruas, que lhe são contíguas, pela cidade. Provavelmente, a planta começou por ter estado confinada ao jardim do Convento.

À semelhança, Tibães também poderia ter sido o local de introdução de *Trachelium* e o foco difusor da espécie para a colonização da cidade de Braga. No entanto, a planta não cresce actualmente nos muros deste convento, nem noutros muros próximos, e não se encontrou no inventário sistemático que foi realizado aquando do restauro recente da maioria dos muros deste convento. No entanto os contactos entre estes dois importantes Conventos da mesma Ordem eram muito frequentes[3].

Braga conheceu ao longo dos tempos outras e mais antigas boticas. Por exemplo a botica da Nossa Sra. do Carmo, a qual foi dirigida por outro ilustre farmacêutico -botânico

Frei Cristóvão dos Reis - da Ordem dos Carmelitas Descalços, autor, tal como Frei João de Jesus Maria, de uma notória Farmacopeia. Esta e outras boticas tinham ao seu serviço jardins e cercas onde se colhiam plantas para fins medicinais

É conhecida a carta de boticário que o Rei Dom José concedeu a Manuel José da Costa, boticário na Rua do Carvalhal, freguesia de S. João de Souto [3]. Esta é uma zona da cidade actualmente com forte colonização por *Trachelium caeruleum*.

É também de grande significado que o próprio Frei João de Jesus Maria, boticário do Mosteiro Beneditino de Santo Tirso, e putativo responsável pela introdução de *Trachelium caeruleum* nesse mosteiro, tenha nascido nessa mesma freguesia de S. João de Souto, em Braga, a 2 de Julho de 1716 [3]. É de admitir que se deslocasse com alguma frequência a esta cidade e que tenha porventura trazido a espécie consigo, tendo esta a partir de então irradiado na zona do centro histórico, onde permanece até aos dias de hoje.

Há também memória de jardins com plantas exóticas em Braga. Um dos mais antigos foi o fundado no lugar de Montariol, ainda no século XVI, por Jesuítas, onde foram introduzidas as plantas que iam então chegando das diferentes partes do mundo, por via das viagens e dos Descobrimentos. Numerosas modificações/reedificações que o lugar conheceu, fizeram desaparecer há muito esse jardim (Oliveira, 2001). No entanto, o Convento de Montariol é outro dos locais com uma intensa colonização por *Trachelium caeruleum*, ficando numa elevação sobranceira à cidade, a leste, num dos extremos da área de distribuição da espécie.

Não há ainda a total certeza, e talvez nunca venha a haver, de quem introduziu pela primeira vez, e onde, *Trachelium caeruleum* na cidade de Braga. Porém, há alguns indícios que tal terá ocorrido há já muito tempo. O grau de colonização encontrado na zona antiga da cidade de Braga indicia que a sua presença não é recente, dado que a espécie surge numa grande quantidade de locais distintos. Além disso, nalguns destes locais a parte lenhosa da planta atingiu dimensões invulgares e a zona do colo apresenta-se mesmo recoberta por uma espessa camada de “cortiça”, com cerca de um cm de espessura, a qual não se encontra em exemplares de algumas dezenas de anos. Testemunhos pessoais de pessoas idosas confirmam que a planta era no início do século XX muito abundante em Braga, mais ainda do que na actualidade.

Entre as evidências da presença longa da espécie na cidade são de referir as fotografias de 1862-1863, um dos registos fotográficos de Braga mais antigos. Uma dessas fotografias representa uma parte da muralha de Braga, hoje desaparecida (Fig. 1.1.1). A torre observável ainda existe (Largo Paulo Osório) (Oliveira, 2006).

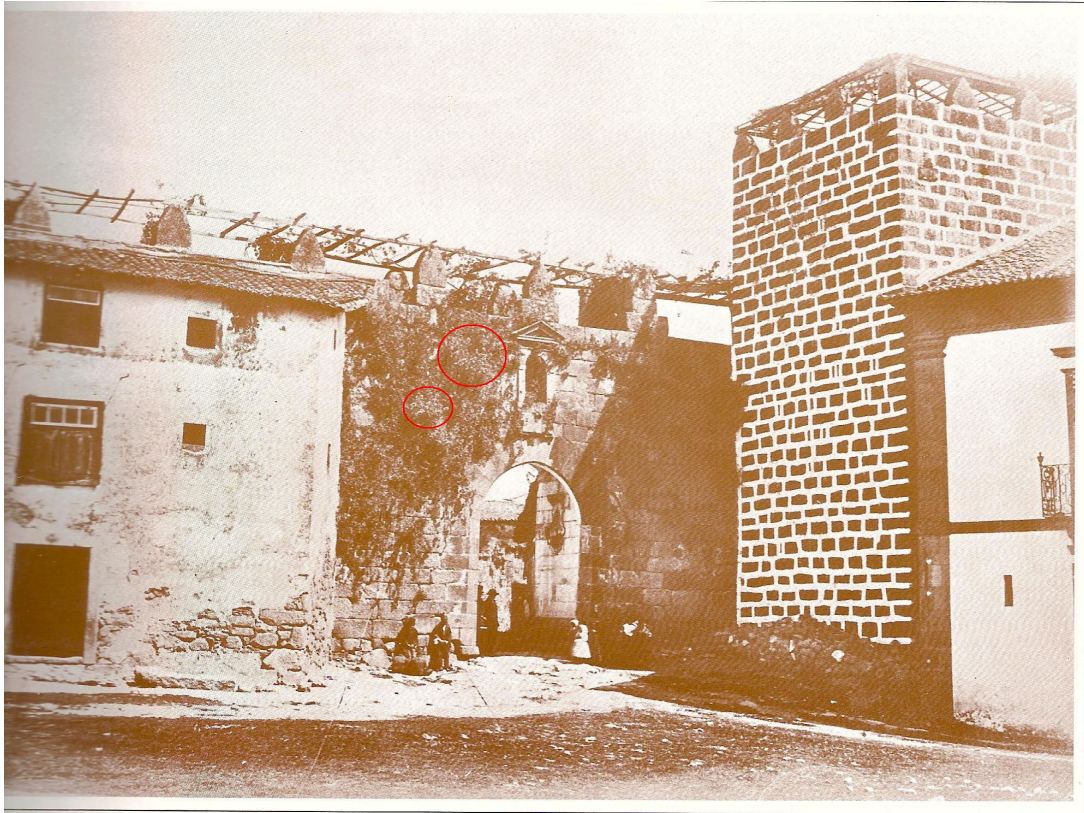


Fig. 1.1.1 - Fotografia de Braga de 1862/63 onde se pode observar uma densa população de plantas que incluem *Trachelium caeruleum* (?) (Reproduzido de Oliveira, 2006).

Na figura 1.1.1, as zonas assinaladas por circunferências vermelhas revelam plantas que, pelas suas dimensões e projecção, se assemelham a *Trachelium caeruleum*, com as características inflorescências. Embora não seja possível garantir com toda a certeza que o são de facto, numa inspecção visual atenta tal parece a olhos experimentados.

Na figura 1.1.2 é possível observar fotografias, com e sem cor, do pano de uma outra torre próxima dessa, na qual se assinala, também por uma circunferência vermelha, a presença de *Trachelium caeruleum*. Este passa praticamente despercebido na fotografia da esquerda, actual, salientando assim a dificuldade que existe em verificar a presença e identificar espécies a partir de fotografias a preto e branco, tiradas à distância, ainda mais se antigas.



Fig. 1.1.2 – Fotografias a preto e branco e a cor de uma mesma torre, em Braga, colonizada por plantas entre as quais se encontra *Trachelium caeruleum*. (fotografias do autor, 2006).

No entanto, é certo que *Trachelium caeruleum* é uma presença habitual nesta e noutras torres antigas da cidade apesar de delas serem frequentemente removidas todas as plantas presentes.

De entre as plantas que crescem actualmente nos muros na zona de Braga (ver secção 3.1.) apenas *Centranthus ruber* poderia prestar-se a alguma possível confusão com *Trachelium caeruleum*, dado possuir uma inflorescência que, embora menor e de cor diferente, faz lembrar vagamente a de *Trachelium caeruleum*. No entanto, *Centranthus ruber* é uma espécie rara na zona antiga do centro da cidade, com indivíduos isolados e baixo grau de cobertura.

Nas fotografia da figura 1.1.2 desta torre pertencente à antiga muralha de Braga podem observar-se entre as plantas de maior porte, fetos, *Conyza canadensis* e *Trachelium caeruleum* L.. *Centranthus ruber* (L.) DC. não se encontra presente.

A ser assim em 1862/63 a espécie estava já bem representada no centro histórico de Braga, o que pressupõe uma introdução bastante anterior a esta data.

1.2. Estado da arte

1.2.1. Caracterização de *Trachelium caeruleum* L.

1.2.1.1. Breve descrição botânica e habitat

Trachelium caeruleum caeruleum L. Sp. Pl. 171 (1753) é um subarbusto mediterrâneo, da família das CAMPANULACEA, originário da Península Ibérica e do Noroeste de África. A espécie *Trachelium caeruleum* L. compreende duas subespécies: *Trachelium caeruleum* L. subsp. *caeruleum* e *Trachelium caeruleum* L. subsp. *lanceolatum* (Guss.) Arcang.. Esta última é um endemismo da Sicília [4].

O desenvolvimento embrionário de *Trachelium caeruleum* foi estudado por Crete em 1948. A planta tem germinação epígea tal como é característico das CAMPANULACEA e, de um modo geral, das Dicotiledóneas. Segundo Shulkina *et al.* (2003), apesar disso, o epicótilo não é observável, estando os primeiros entrenós tão encurtados, que as primeiras folhas formam uma roseta logo acima dos minúsculos cotilédones ovais. Segundo os mesmos autores este estado inicial de planta em roseta mantém-se numa fase inicial e permanece ao longo dos meses desfavoráveis, mas surgem também folhas em nós férteis ao longo do caule principal, estival, o qual resulta do alongamento dos entrenós e termina numa inflorescência em cimeira corimbiforme (ver Fig. 1.2.1). Os caules plurianuais lenhificam e a planta forma um semi-arbusto.

Os frutos são cápsulas que possuem deiscência basal/lateral, o que dificulta a dispersão das sementes relativamente a plantas com cápsula de abertura apical.

As sementes de *Trachelium caeruleum* são numerosas e diminutas, facilmente transportáveis pelo vento (anemocoria). Lambers *et al.* (1998) citando Leishman e

Westoby (1994) indicam que este tipo de sementes é característico de espécies colonizadoras de espaços abertos perturbados (*disturbed*), onde a competição é mínima. O elevado número e leveza favorecem a probabilidade de a espécie encontrar este tipo de ambiente, em desfavor das reservas disponíveis para o período seguinte. Ressel *et al.* (2004) encontraram predominância de sementes leves em espécies pioneiras das sucessões ecológicas, ao estudarem 122 espécies arbóreas de três formações florestais brasileiras contíguas – mata de galeria, mata mesófila semidecídua e cerradão na Estação Ecológica do Panga - Minas Gerais –, em concordância com estudos realizados noutras áreas florestais tropicais. Espécies com sementes pequenas podem produzir mais sementes para um dado esforço reprodutivo (Lambers *et al.*, 1998). Contudo, o número e a massa de sementes requeridos para assegurar o sucesso da reprodução estão sempre relacionados com as circunstâncias ecológicas particulares (Crawford, 1989).

Os grãos de pólen desta espécie são porosos, uma característica morfológica de importância taxonómica. O conjunto destas características levou Shulkina (2003) a incluir *T. caeruleum* no grupo B (por oposição a um grupo menor e de características opostas designado por A) juntamente com a maior parte dos cerca de 50 géneros da família CAMPANULACEA. Neste, todas as espécies possuem inserção em espiral das folhas e ovário infero, deiscência nunca por cápsulas de abertura apical, e caracteristicamente 17 cromossomas na fase haplóide - Shulkina *et al.* (2003), a partir de dados de Gadella (1964), sendo esta classificação suportada por dados moleculares.

Em 1830, Alphonse de Candolle (DC) já tinha associada a maioria destas espécies – algumas delas eram porém então ainda desconhecidas - de acordo com a posição do respectivo ovário e o tipo de deiscência, na Tribo Campanuleae da Família das CAMPANULACEA. Outros sistemas de classificação têm vindo a ser propostos ao longo do tempo para esta que é a maior e mais primitiva dentro da Ordem das Campanulales (Lammers, 1992; Takhtajan, 1997, *in* Shulkina *et al.*, 2003).

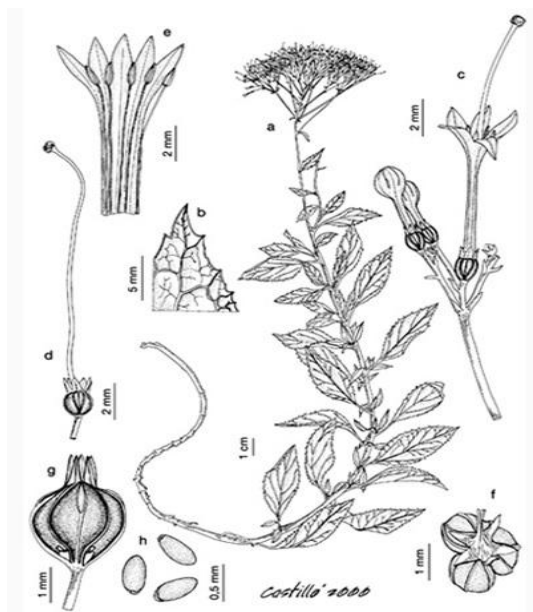


Fig. 1.2.1 – Morfologia de *Trachelium caeruleum* in Flora Ibérica (Castroviejo et al., 1986)

Trachelium caeruleum L. subsp. *caeruleum* é conhecida vulgarmente em Portugal por *Viúvas*, *Flor-de-viúvas* (Fernandes et al., 2003) ou *Viuvinhas*. O seu habitat natural inclui rochas húmidas e margens de linhas de água, em regiões de clima quente [5], bem como noutras áreas rochosas e arenosas húmidas, geralmente em regiões calcárias, na maioria dos casos não muito distantes do oceano [5, 6]. Por exemplo, em Marrocos, é encontrada na margem de *oueds* e nas margens rochosas de rios.

Ocorre na actualidade em monumentos e edificações antigas, existindo registos da sua presença muito recuados no tempo (como na base de dados do GBIF-MNHN), por exemplo em aquedutos [6] no Coliseu de Roma (Caneva et al., 2002) e em muitas igrejas, casas e muros, particularmente nos países da bacia do Mediterrâneo. Na Argélia e em Espanha está frequentemente associada a aquedutos, alguns dos quais romanos e ocorre frequentemente em valados de rega [6].

Não são conhecidos estudos controlados, de auto-ecologia e reprodução desta espécie nos habitats rupícolas naturais, ou naqueles onde a planta se naturalizou.

1.2.1.2. Interesse etnobotânico e medicina popular

Classificada por Lineu em 1753, foi utilizada durante séculos, em diferentes partes do globo, como planta medicinal no tratamento de faringites, o que deu origem à sua designação vernácula em Inglês – *throatwort* – literalmente, erva da garganta.

Na designação científica atribuída à espécie por Lineu tem por nome genérico *Trachelium*, o qual resulta do grego *trakhelos*, termo que designa traqueia – pescoço ou garganta – uma referência à forma da corola das suas flores (ou provavelmente já à sua utilização como planta medicinal no tratamento de afecções faríngeas). O restritivo específico *caeruleum* resulta do latim *caelum* – céu – e de *caerulu* – azul-escuro -,

estando relacionado com o azul violeta das suas flores.

A Teoria ou Doutrina das Assinaturas imaginada por Jakob Bohme (1575-1624) [7] com origem nos ensinamentos de *Paracelso* (1493-1541), tinha como lema o provérbio latino *similia similibus curantur* ou *semelhante cura semelhante* (Turolla e Nascimento, 2006). Este princípio defendido por Hipócrates cerca de dois mil anos antes e ainda mais remotamente advogado pelos chineses, relacionava a forma e a cor dos órgãos vegetais com a dos órgãos do corpo humano que podiam por elas ser tratados [8].

As plantas, obra do Criador, deveriam conter uma espécie de sinal divino que permitiria encontrar o remédio adequado à cura de cada parte do corpo. Esta ideia reapareceu recorrentemente ao longo da história da medicina até ser desacreditada pela ciência moderna.

Sendo a forma da corola de *Trachelium caeruleum* semelhante à da garganta, esta espécie deveria ser aplicada no tratamento de faringites [9]. Actualmente não lhe é reconhecido esse valor medicinal.

Nalguns locais também as suas folhas foram usadas como emolientes anti-inflamatórios, de uso tópico [10].

1.2.1.3. Relevância em floricultura

A espécie *Trachelium caeruleum* foi introduzida no mercado da floricultura na década de 80 do século XX (Armitage, 1988, *in* Liang e Harbaugh, 2001). Tem hoje particular interesse económico a nível mundial por produzir excelentes flores de corte, de que foram apuradas na última década diversas variedades. É geralmente utilizada para o preenchimento (*filler*) de *bouquets* e como planta ornamental, em vaso ou num vasto leque de situações em jardinagem (Evensen e Beattie, 1987). Armitage, em 1990 classificava-a como uma planta do *tipo III* em floricultura – plantas relativamente às quais pouco se sabe sobre as técnicas de cultivo e de propagação da espécie. Nas últimas duas décadas tem vindo a ser acumulada mais alguma informação nomeadamente sobre fertilizantes, irradiância, espaçamento, etc., [11], com aplicação em hortofloricultura. Encontraram-se algumas referências a estudos, relativos à influência na floração do fotoperíodo (Zizzo *et al.*, 1998), em conjunto com a temperatura (Geertsen e Bredmose, 1987), o controlo da floração, e os demais factores relevantes para o cultivo e propagação da espécie, em termos comerciais.

Assim, entre as informações principais disponíveis a partir de referências principalmente associadas à macropropagação da espécie em viveiro, é possível saber-se que:

- Relativamente à água:
 - É aconselhável a irrigação de modo a evitar a dessecação ou a obtenção de plantas raquíticas [12].

Introdução

- Se lhe for dado um pouco mais de água pode ser cultivada em pleno sol [13].
- Quando cultivada à sombra é admiravelmente resistente à secura.
- A planta requer um dia longo com pelo menos 14 h para que se inicie a floração mas é neutra quanto à continuação da floração (Armitage, 1990).
- A irrigação com água salina, com condutividade eléctrica até $11,5 \text{ dS m}^{-1}$ reduz nitidamente o comprimento e peso do caule (haste floral) mas não reduz a produção ou o tamanho das suas inflorescências (Shillo *et al.*, 1992).
- Relativamente à luz:
 - Os valores de compensação da luz e de saturação de luz são de, respectivamente, cerca de 15 e $600 \mu\text{moles s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ à temperatura de 25°C (Armitage, 1990).
 - Em jardinagem é usada em ambientes que vão da sombra a sol pleno [14].
- Em relação à floração:
 - Floresce desde o primeiro ano.
 - As altas temperaturas diminuem o tempo de floração (Geersten e Bredmose, 1987)
 - Dura em jarra até 14 dias.
- Relativamente ao cultivo e temperatura:
 - Cultivada como anual – de Verão - em países frios [13].
 - É cultivada nas zonas mais quentes de Israel para produção de Inverno. Multiplicação por sementes em Fevereiro.
 - Vivaz nas zonas temperadas.
- Relativamente ao solo:
 - Prefere solo bem drenado. Tolerância bem solos calcários [10].
- Em relação a interações com outras espécies:
 - Revela ser pouco ou nada susceptível à acção prejudicial de insectos, caracóis e doenças [12,15].
 - As borboletas adoram-na [9].

1.2.2. Distribuição geográfica de *Trachelium caeruleum* L.

Na figura 1.2.2 estão representadas as províncias portuguesas e espanholas, e o estatuto atribuído a *Trachelium caeruleum* L., autóctone, ou alóctone, para cada uma delas pela conceituada obra *Flora Ibérica* (Castroviejo *et al.*, 1986).

Como se pode observar, na Península Ibérica *Trachelium caeruleum* ocorre, particularmente, em regiões mais meridionais. Nas regiões do litoral, mesmo a norte, a espécie está também normalmente referenciada Na zona central da Península a espécie

está menos representada, estando assinalada em duas Províncias espanholas, Sória e Ávila, mas não em regiões próximas com aparente igual interioridade.

Em Portugal pode ser encontrada no barrocal Algarvio, Alentejo, Estremadura, Beira Litoral, Douro Litoral, Minho, Madeira e Açores (Flores, Faial, Terceira e S. Miguel) (Castroviejo *et al.*, 1986). Endémica nalgumas regiões do Sul da Península Ibérica terá sido introduzida no passado em Braga, tornando-se aqui subespontânea. Esta mesma planta não é encontrada em povoações como por exemplo Guimarães, V. N. de Famalicão, Porto, Esposende, Ponte de Lima e Viana do Castelo, Viana do Castelo, Caminha, Valença, Monção e Melgaço, onde foi cuidadosa e minuciosamente procurada pelo autor.

Está presente nalgumas das ilhas do Arquipélago da Madeira e dos Açores (Madeira, Flores, Faial, Terceira e S. Miguel), não representadas na figura 1.2.2. (Castroviejo *et al.*, 1986)

Alguns dos locais de ocorrência do Norte de Portugal e Galiza – Coruna, Lugo, etc. –, são, tal como o Minho, regiões predominantemente graníticas, indiciando uma similitude nos substratos ocupados nessas regiões. No entanto, a área de distribuição da planta inclui diversas zonas onde os solos são de natureza calcária.

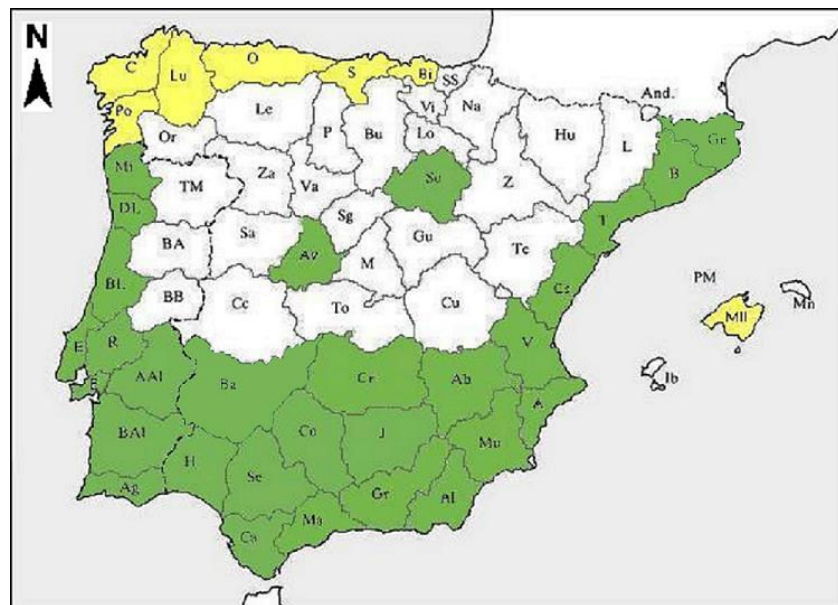


Fig. 1.2.2 – Províncias portuguesas e espanholas onde foi registada a ocorrência de *Trachelium caeruleum* (adaptado de Castroviejo *et al.*, 1986). Não estão representadas as ilhas dos Arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores. Verde - províncias onde a espécie é dada como autóctone. Bem documentada. Amarelo – províncias em que a espécie é alóctone, ainda que o não pareça (Castroviejo *et al.*, 1986).

PORTUGAL AAL: Alto Alentejo, Ag: Algarve, BA: Beira Alta, BL: Beira Litoral, BAl: Baixo Alentejo, BB: Beira Baixa, DL: Douro Litoral, E: Estremadura, Mi: Minho, R: Ribatejo, TM: Trás-os-Montes ESPANHA A: Alicante, Ab: Albacete, Al: Almería, Av: Ávila, B: Barcelona, Ba: Badajoz, Bi: Vizcaya, Bu: Burgos, C: La Coruña, Ca: Cádiz, Cc: Cáceres, Co: Córdoba, CR: Ciudad Real, Cs: Castellón, Cu: Cuenca, Ge: Gerona, Gr: Granada, Gu: Guadalajara, H: Huelva, Hu: Huesca, J: Jaén, L: Lérida, Le: León, Lo: Logroño, Lu: Lugo, M: Madrid, Mu: Murcia, Na: Navarra, O: Asturias (Oviedo), Or: Orense, P: Palencia, PM: Ilhas Baleares, MII: Mallorca, Mn: Menorca, Ib: Ibiza, Po: Pontevedra, S: Santander, Sa: Salamanca, Se: Sevilla, Sg: Segóvia, So: Sória, SS: Guipúzcoa, T: Tarragona, Te: Teruel, To: Toledo, V: Valência, Va: Valladolid, Vi: Alava, Z: Zaragoza, Za: Zamora.

Ao interpretar-se a figura 1.2.2 deve levar-se em conta que o facto de uma província estar assinalada não significa que a espécie ocorra nela com uma distribuição regular ou homogénea. Na figura 1.2.3 estão assinalados para Espanha os locais relativamente aos quais há referências – herbários e citações bibliográficas, da ocorrência da espécie.

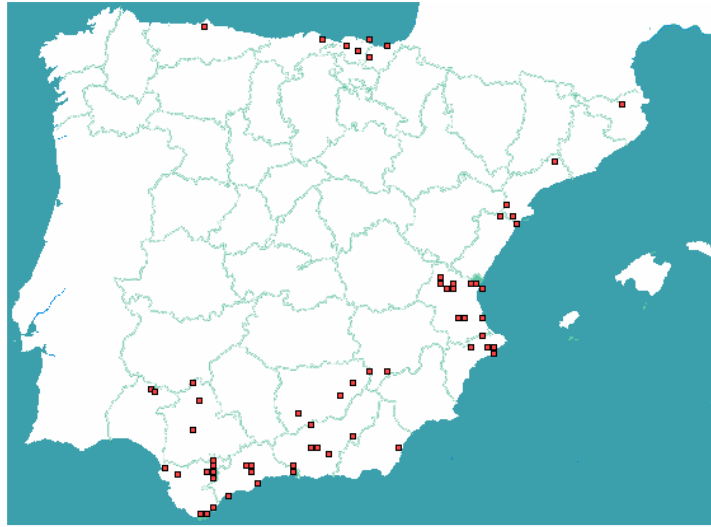


Fig. 1.2.3 - Presenças cientificamente confirmadas de *Trachelium caeruleum* em Espanha. Adaptado de [117].

Assim, não é certo assumir que a indicação de uma província como local de ocorrência da espécie corresponda a uma ocupação generalizada desse território [16,17].

A *International Organization for Plant Information* - IOPI [18] indica como centros de distribuição, diversidade e origem de *Trachelium caeruleum caeruleum* L., Portugal, Espanha, Argélia e Marrocos. A espécie é assim mediterrânica (Castroviejo *et al.*, 1986).

1.2.3. Condições para a colonização de muros

A colonização de um muro por uma espécie vegetal pressupõe que essa espécie se adapte às condições físicas, químicas, edáficas e climáticas e nele encontre tudo o que é necessário à sua ancoragem e desenvolvimento.

A colonização de um material por uma espécie está dependente de duas condições essenciais: a acessibilidade e bioreceptividade do material. O primeiro destes conceitos foi definido por Heimans (1954) como “a totalidade das condições prevalecentes num certo local, que podem influenciar a possibilidade de diásporos alcançarem esse local e lá se instalarem”. A acessibilidade pode ser definida, nas palavras de Guillitte (1995), como “as características do ambiente que determinam a abundância de fontes de diásporos - proximidade e capacidades de transporte -, incluindo a exposição do material a estas fontes e vectores”. Por diásporo entende-se qualquer estrutura reprodutora, tal como as sementes.

O conceito de bioreceptividade, foi definido por Guillitte em 1995. **Bioreceptividade**, na definição deste autor, é a totalidade das propriedades do material que contribuem para o estabelecimento, ancoragem e desenvolvimento de fauna e/ou flora.

Esta colonização biológica é classificada por Guillitte em três tipos conforme o grau e natureza das alterações ocorridas:

- Bioreceptividade primária – quando as propriedades do material colonizado são muito aproximadamente as mesmas que o material possuía numa fase inicial.
- Bioreceptividade secundária – quando as propriedades do material colonizado se modificaram.
- Bioreceptividade terciária – quando as propriedades iniciais já modificadas são alteradas por acção antrópica directa.

Classifica também em três tipos consoante a origem do material cujas propriedades são responsáveis pela bioreceptividade:

- Bioreceptividade extrínseca – quando resulta de depósitos de materiais adicionais provenientes do exterior, substituindo-se à bioreceptividade do material original.
- Bioreceptividade semi-extrínseca – quando a bioreceptividade está dependente em simultâneo do material original e das acumulações de materiais com proveniência no exterior.
- Bioreceptividade intrínseca, por oposição a extrínseca, quando resulta sobretudo das propriedades do material original, independentemente da acumulação de depósitos exógenos.

Na mesma publicação, Guillitte sugere como parâmetros a seleccionar para medir a bioreceptividade ou **índices de bioreceptividade**, o número de ocorrências, a biomassa, a área colonizada, a aparência e a taxa de crescimento, a fertilidade de organismos colonizadores.

Alguns dados com interesse para a colonização por microorganismos de substratos relacionáveis com os muros são apontados por diferentes autores:

- A composição química parece desempenhar um papel mais importante do que as propriedades físicas ao comparar a bioreceptividade primária de alguns litotipos portugueses a microrganismos fotossintéticos (Miller *et al.*, 2006).
- As diferenças na bioreceptividade intrínseca de rochas graníticas dependem sobretudo do pH obtido por abrasão da rocha – *abrasion* pH, da densidade aparente, da porosidade aberta e da água capilar (Prieto e Silva, 2005)
- As variações de cor ou no conteúdo de clorofila a fornecem bons indicadores da bioreceptividade de algumas rochas graníticas a organismos fototrópicos, os quais podem ser relacionados entre si com vista ao estabelecimento de um índice de bioreceptividade nessas rochas (Prieto *et al.*, 2006).
- O grau de carbonatação das argamassas, juntamente com outros factores como o grau

de humidade à qual as argamassas se encontram expostas, mostraram-se determinantes na bioreceptividade a fungos – *Cladosporium sphaerospermum* - de argamassas de cimento em laboratório (Shirakawa *et al.*, 2003).

Guillitte (1995) anteviu a possibilidade da bioreceptividade/índice de bioreceptividade de um material poderem ser determinados a partir por um conjunto de diferentes espécies nas quais se incluem os diversos grupos de plantas.

Um material para ser colonizado por uma espécie tem que estar ao alcance de estruturas reprodutoras em número suficiente, o que no caso de *Trachelium caeruleum* poderá ser cumprido se houver outros locais já colonizados nas proximidades. Uma vez a espécie presente, a bioreceptividade determina também em grande parte o sucesso da colonização do material. Para que *Trachelium caeruleum*, ou outra espécie de planta, consiga colonizá-lo com sucesso deve, depois de o alcançar, encontrar a água e os nutrientes necessários ao seu crescimento e desenvolvimento ao longo das diferentes etapas do seu ciclo de vida. Condições abióticas e bióticas diversas serão requeridas por cada espécie.

1.2.4. Muros: tipologias e materiais

Nos muros, particularmente nos mais antigos, encontram-se diferentes materiais, reunidos em estruturas de diferentes tipologias. Ao estudar a tipologia dos muros há alguns aspectos que importa realçar.

As pedras quanto às formas e dimensões, podem ser todas mais ou menos semelhantes ou diferentes. Podem também ser de uma mesma rocha ou rochas afins, como as granitóides, ou incluir rochas de diferentes naturezas. A superfície exterior das pedras pode estar talhada de modo a apresentar-se lisa - aparelhada, semi-aparelhada, ou irregular (alvenaria ordinária) -, possuindo, neste último caso, muitas anfractuosidades (Casella, 2003). O aparelho pode ser duplo, com paramentos de pedra separados por material de enchimento, para o que se recorreu muitas vezes a barro ou terra mais ou menos argilosa. Esta situação é comum em muros e muralhas antigos de grande espessura. Em estruturas menos espessas, as pedras podem ser dispostas em uma ou mais fiadas paralelas (Casella, 2003).

A fixação e estabilização dos paramentos de pedra do muro pode ser conseguida com base apenas nas suas dimensões, proporções e articulação - alvenaria seca ou insossa, podendo socorrer-se de pequenos elementos como lascas de pedra – muros racheados - para lhe conferir maior estabilidade.

Em muitos casos, no entanto, faz-se recurso a argamassas de assentamento, de enchimento e de capeamento (Casella, 2003). Por vezes o capeamento é feito apenas numa das faces.

O barro, a cal e o cimento são materiais muito empregues na construção dos muros.

Para encher o espaço que separa o aparelho duplo e também para colmatar juntas, recorre-se muitas vezes a barro ou a uma terra barrenta.

As argilas formando-se geralmente na interface entre a hidrosfera, atmosfera, biosfera e pedosfera (Gomes, 1986; Velho, 1998) são maioritariamente constituídas por filossilicatos dioctaédricos ou trioctaédricos, correspondentes a cerca de cinquenta espécies, de sete grupos sistemáticos diferentes (Gomes, 1973; Velho, 1998). Para além de sílica e água podem ter (dependendo da espécie mineral) Al, Mg, Fe, Ca, K e Na.

A Tabela 1.2.1 diz respeito à composição química de argilas e minerais de argila no que concerne a óxidos de cálcio, magnésio e ferro, elementos estudados neste trabalho.

Tabela 1.2.1 – Composição química de minerais argilosos e argilas (adaptado de Gomes, 1986).

	Caulino	Illite	Ball clay	Montm	Vermiculite	Clorite	Fire clay	Sepiolite	Atapulgit
CaO	-	1,59	0,15	1,62	-	-	0,40	0,47	2,02
MgO	0,36	2,07	0,69	3,22	22,58	20,86	0,52	21,31	9,05
Fe₂O₃	0,81	4,99	-	0,83	8,01	3,85	1,70	2,90	3,36
FeO	-	-	0,93	-	-	10,51	-	0,70	0,23

Caulino BA-220 - Viso de Cima, Portugal; Montmorillonite – Montmorillon, França; *Fire clay* – Yorkshire, Inglaterra; Illite – Illinois, E.U.A.; Vermiculite – Quénia; Sepiolite – Madagáscar; *Ball clay* – Inglaterra; Clorite – Bélgica; Atapulgit – Geórgia, E.U.A.

Os minerais argilosos podem apresentar-se com composições químicas bastante diferentes destas, dependendo da composição química dos minerais primários.

Diferentes minerais de argila podem formar interestratificados quando os modelos estruturais são intermédios entre os diferentes grupos de minerais argilosos, havendo a possibilidade de possuírem organização periódica própria – regular. Em muitos casos os interestratificados resultam da intercalação irregular de duas - mais raramente mais do que duas - camadas estruturais tipo básicas (Gomes, 1986; Costa, 1999), podendo incluir micas.

Segundo Costa (1999) os minerais de argila mais comuns nas regiões de clima temperado, a partir de rochas ácidas, são a caulinite, a illite e a montmorillonite.

Em estudos sobre argilas de alteração, Sequeira Braga (1998) encontrou em areias graníticas da bacia inferior do rio Cávado, incluindo regiões próximas de Braga, valores de caulinite + gipsite compreendidos entre 35 a 95 % daqueles encontrados para os minerais secundários resultantes da alteração dos granitos do NW de Portugal.

Encontram-se também entre os minerais de origem secundária resultantes da alteração dos minerais primários das rochas outras espécies menos representadas, mas que podem ser localmente importantes. É o caso da vermiculite, a qual pode resultar principalmente da alteração da biotite (e da flogopite) ao longo de falhas ou por alteração

hidrotermal de outros minerais como a piroxena e anfíbolos (Velho *et al.*, 1988). Ocorre nos solos também na forma de interestratificados ou na forma normal (Gomes, 1986).

As argilas são colóides electronegativos podendo adsorver e trocar quantidades importantes de catiões, funcionando assim como locais de armazenamento de nutrientes catiónicos para as plantas (Costa, 1999). Possuem também poder tamponizante e ajudam a reter água no solo. Contribuem fortemente para a hidraulicidade das argamassas em que estão presentes.

São fundamentais sob o ponto de vista da estrutura e textura dos solos (Gomes, 1986) incrementado a sua plasticidade e adesividade, e também para a agregação do solo, podendo no entanto sofrer dispersão e floculação (Goma, 1979; Gomes, 1986; Costa, 1999).

O material argiloso confere importantes propriedades edáficas aos muros em que está presente, podendo contribuir grandemente para assegurar algumas condições necessárias às plantas, quer do ponto de vista químico, quer do ponto de vista físico.

Forma ligações com a matéria orgânica do solo, constituindo os agregados do complexo argilo-húmico (Gomes, 1986; Costa, 1999), de grande estabilidade e interesse para as propriedades produtivas do solo.

Por alteração, as argilas podem ser importantes enquanto meios nutritivos para as plantas, quer nos muros quer em solos, assim como a partir dos iões que se encontram adsorvidos à sua superfície. Da alteração da illite, por exemplo, pode libertar-se algum magnésio e potássio (e cálcio) (Costa, 1999).

A capacidade de troca de catiões varia de argila para argila, conforme a energia de retenção que é aplicada por cada uma delas. A vermiculite tem uma capacidade de troca catiónica muito superior à da illite, que por sua vez é bastante superior à da caulinite. Dando-se a passagem para a solução do solo, os minerais em solução ficam disponíveis, podendo ser absorvidos pelas plantas (Costa, 1999).

Para além de minerais de argila, podem também ser de interesse biológico óxidos de alumínio, como a gibsite, e óxidos de ferro, como a goethite e a hematite. O seu carácter anfotérico permite-lhes, quando electropositivos, acumular aniões por adsorção. Nas regiões temperadas os solos possuem geralmente pequenas proporções destes constituintes (Costa, 1999).

A presença de terra argilosa/barro influencia assim directamente a quantidade de macro e micronutrientes, particularmente devido à presença de minerais de argila – a parte quimicamente mais activa da fracção mineral do solo (Costa, 1999) - disponíveis para as plantas, bem como as condições de ancoragem e fixação das plantas nos muros antigos.

Recorreu-se à cal em muitos destes muros antigos, para produzir argamassas de assentamento, enchimento e de reboco dos muros. Por vezes, em muros de alvenaria de pedra seca, as juntas são também massiçadas com cal (Casella, 2003). A designação de

alvenaria magra aplica-se a alvenarias em que foi utilizada pouca cal (ou cimento), por oposição a alvenaria gorda, com muita cal [19]. A cal é um material empregue desde há milénios (Goma, 1979).

A cal viva, gorda (sem argila) - cal virgem, ou óxido de cálcio - é obtida a partir do carbonato de cálcio dos calcários, através de calcinação. A cal pode ser convertida em hidróxido de cálcio - cal aérea, ou apagada -, por reacção com água através de uma reacção que é fortemente exotérmica e que dá lugar a uma expansão considerável do material inicial.

O hidróxido de cálcio usado como aglomerante na preparação de argamassas reage com o dióxido de carbono do ar dando origem a carbonato de cálcio que endurece na presença da água ou do ar.

Dentro dos poros das argamassas esta reacção leva à formação de carbonato de cálcio a partir da cal - carbonatação - (Marapoulou *et al.*, 2000). É acompanhada de desidratação e resulta no lento endurecimento da argamassa e no aumento da resistência das alvenarias em que é empregue, tendo lugar progressivamente do exterior para o interior da argamassa após a sua aplicação (Goma, 1979). A carbonatação, que pode ser considerada um fenómeno de alteração, aumenta a capacidade de presa das argamassas dado que torna a microtextura do ligante mais compacta (Rassinaux *et al.*, 1989).

Existem vários tipos de cals ditas hidráulicas (cal magra). Estas possuem um certo teor de argila, normalmente compreendido entre 10 e 22 %, sendo obtidas por calcinação destes materiais, a diferentes temperaturas – entre os 1100 e os 1250 °C – conforme o tipo de produto final pretendido, e sofrendo também, posteriormente, o apagamento. Possuem uma hidráulicidade que se deve aos constituintes das argilas empregues (Goma, 1979).

O grau de hidratação da cal, na altura da sua aplicação, influencia a dureza e evolução futura da argamassa, podendo conduzir a argamassas mais moles ou mais duras (Marapoulou *et al.*, 2000).

A adição de cal a muros cujo enchimento recorreu a terra argilosa tem efeitos, até certo ponto, semelhantes aos de uma calagem.

Nos muros, a proporção entre argilas e cal é muito variável, particularmente no material de reboco pode haver, ao longo do tempo, perdas significativas ou ganhos quando a parede é rebocada de novo.

Mais recentemente, começou também a ser utilizado o cimento *Portland* para as argamassas de assentamento, enchimento e de reboco dos muros. (A invenção do cimento mais usado na actualidade - o cimento hidráulico tipo *Portland* - é atribuída a Joseph Aspdin, em 1824).

Os cimentos eram primitivamente obtidos a partir de margas, vidros, cinzas e tufos vulcânicos, argilitos, diatomitos com propriedades pozolânicas – endurecendo na presença de água – apresentando carácter hidráulico.

Actualmente o cimento é obtido industrialmente em grandes quantidades a partir de margas ou de uma mistura de calcário e argila – cerca de 3:1. É formado, essencialmente, por silicatos e aluminatos cálcicos [21]. Durante o processo de fabrico passa por um período de repouso para que se dê o apagamento do óxido de cal formado na fase inicial [22].

O cimento é um pó fino, o qual quando na presença de água vai desenvolver as suas propriedades de ligante, unindo firmemente os componentes da argamassa, os quais incluem agregados - areia e brita.

Para aumentar a plasticidade das argamassas de cimento são ainda adicionados cal, saibro ou diferentes tipos de argila [22]. No caso de rochas de grão grosseiro a médio, como em muitos granitos, o saibro é normalmente constituído por minerais primários [23].

As argamassas de cimento podem, por lixiviação e dissolução dos seus constituintes, originar sais solúveis, por exemplo de cálcio, magnésio e alcalis (Alves *et al.*, 2005).

Muros antigos em que o cimento *Portland* não era um dos materiais originais são por vezes rearranjados com recurso a esse material, muito diferente nalguns aspectos das argamassas tradicionais.

Em certos muros antigos foram também utilizadas argamassas de tijolo moído e cal aérea as quais apresentavam igualmente carácter hidráulico, atribuível à reacção entre o material cerâmico refractário e a cal hidratada, com formação de silicato de cálcio hidratado (Marapoulou *et al.*, 2000; Rassinaux *et al.*, 1989). A dimensão dos fragmentos de tijolo pode reflectir-se directamente na hidraulicidade da argamassa e nas restantes propriedades físicas e químicas, entre as quais a dureza (Marapoulou *et al.*, 2000).

As diferentes argamassas sofrem diversos processos de alteração com o tempo de entre os quais será discutida a carbonatação.

O grau de carbonatação de uma dada argamassa depende da humidade relativa, porosidade e finura do ligante, bem como da textura e porosidade da argamassa. As microtexturas muito porosas permitem uma carbonatação completa por gases e lixiviação por águas meteóricas, conduzindo a uma má conservação dessas argamassas (Rassinaux *et al.*, 1989).

Balen (2005) demonstrou que a temperaturas da ordem dos 20 °C o progresso da carbonatação em sistemas monitorizados, com argamassas de diferentes tipos com calcário, não depende da concentração de dióxido de carbono no ar, nem da velocidade da sua aquisição (para as diferentes concentrações estudadas, 7 a 17%, em volume), mas sim da superfície específica do calcário.

A difusividade do CO_2 depende do grau de abertura da estrutura porosa a qual está numa argamassa húmida/fresca preenchida pela água presença de água nos poros. No entanto como o coeficiente de difusão do CO_2 é cerca de 10000 vezes mais lento na água do que no ar, fica então praticamente anulado, e é a velocidade de secagem da argamassa fresca que controla a resistência à difusão. Assim, a reacção de carbonatação parece não ser, como anteriormente se acreditava, controlada pela difusão do CO_2 através do sistema poroso até à frente de reacção, mas pela reacção do CO_2 com o Ca(OH)_2 .

A carbonatação leva a modificações no sistema poroso das argamassas. Argamassas antigas estão normalmente totalmente carbonatadas (Balén, 2005). As argamassas novas são heterogéneas e podem estar diferentemente carbonatadas (Shirakawa *et al.*, 2003). A espessura das argamassas também altera a cinética da carbonatação sendo as de menor espessura as que completam a carbonatação mais rapidamente.

O grau de carbonatação influencia o pH. Argamassas de cimento recentes podem apresentar valores de pH de 12 ou superiores, decaindo este valor para cerca de 8,3 em argamassas já carbonatadas (Shirakawa *et al.*, 2003)

1.2.5. Solo e nutrientes

1.2.5.1. Nutrientes minerais essenciais

Um elemento mineral é essencial para uma planta se participa directamente no metabolismo ou na estrutura desta, não podendo ser completamente substituído por outro elemento, e se a sua carência impede que a planta complete o seu ciclo de vida [24].

Sabendo que os nutrientes minerais essenciais entram na biosfera por absorção radicular a partir da rizosfera, independentemente da natureza do substrato que as plantas colonizam – solo ou argamassas - estes nutrientes essenciais têm de estar presentes em concentrações adequadas e numa forma disponível para a planta.

Os nutrientes essenciais podem ser agrupados de modos diferentes, com base em critérios mais biológicos (ex.: funcionais) ou, simplesmente, mais pragmáticos.

Podem dividir-se em “móveis” ou “imóveis”, consoante a sua mobilidade ou capacidade de redistribuição na planta: os nutrientes minerais como o azoto (N), potássio (K), magnésio (Mg), fósforo (P), cloro (Cl), sódio (Na), zinco (Zn), são móveis; o cálcio (Ca), o ferro (Fe), o enxofre (S), o boro (B), ou o cobre (Cu) são nutrientes imóveis [24].

De acordo com a quantidade observada nos tecidos vegetais podemos considerar os “macronutrientes” e os “micronutrientes”. Os primeiros são, para a maioria das plantas, o carbono (C), o oxigénio (O), hidrogénio (H) (estes não provêm da litosfera mas da atmosfera e da água), N, Ca, K, P, Mg e S, constituindo cada um mais de 30 mmol/kg na

matéria seca [25]. Participam, geralmente, na estrutura de moléculas e organitos celulares. Os micronutrientes ou oligoelementos são os elementos químicos que são utilizados pelas plantas em quantidades inferiores a 10 mmol/kg de matéria seca. Regulam processos fisiológicos, muitas vezes activando enzimas [25]. Quando em excesso nas soluções do solo, podem tornar-se tóxicos para as plantas [24].

Devido à sua relevância neste trabalho dar-se-á, seguidamente, destaque a alguns elementos químicos bem como a outros constituintes da argamassa com importância para o desenvolvimento da espécie em estudo.

Cálcio

O cálcio ocorre na calcite, na dolomite e noutros carbonatos naturais muito abundantes á superfície da crosta terrestre, no gesso - sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) - na fluorite (CaF_2), em fosfatos, também em outros grupos de minerais como as piroxenas, os feldspatos e as anfíbolos [26]. Ocorre naturalmente associado ao carbono, estrôncio, ao magnésio, ao sódio, ao cloro, ao bromo e ao enxofre (Reimann e Caritat, 1998).

Os granitos possuem apenas cerca de 0,90 % de cálcio; nas argilas, argilitos e xistos o teor médio cerca de 2,20 %, e nos solos, em média, cerca de 1,40 % (Reimann e Caritat, 1998). Nalguns solos calcários, porém, o cálcio chega a constituir cerca de 40 % do total [24]. Enquanto constituinte dos minerais primários está indisponível para as plantas, mas essa situação vai-se modificando à medida que estes minerais vão sendo meteorizados (Costa, 1999).

Os solos da região do Minho são pobres em cálcio [23] ao contrário dos solos resultantes de rochas calcárias, ou em regiões semi-áridas ou áridas por alteração de rochas ricas em cálcio, sendo neste caso a calcite um mineral secundário (Costa, 1999). A quantidade de cálcio em minerais de argila como a ilite, vermiculite e esmectites é diminuta [24] (ver Tabela 1.2.1).

A sua carência limita a produtividade dos solos (Reimann e Caritat, 1998).

A calagem é um processo utilizado em agricultura em que é utilizada cal para aumentar a alcalinidade dos solos [27]. As cals reagem com o H^+ do solo, neutralizando assim a sua acidez. Num solo ácido as micelas de argila adsorvem particularmente iões de hidrogénio, cambiáveis. Em resultado da adição de carbonato de cálcio ou de cal, muitos dos iões de hidrogénio são substituídos por iões de cálcio, libertando-se o H^+ com formação de água (Devlin e Witham, 1983). A adsorção do cálcio por micelas de argila está representada na figura 1.2.4

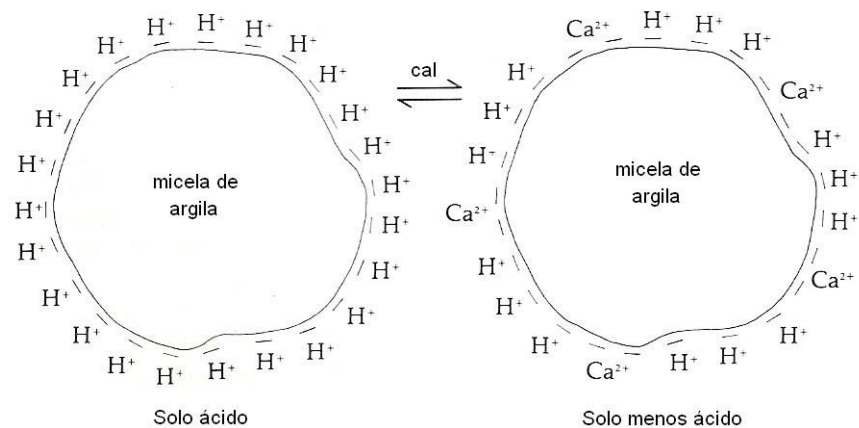


Fig. 1.2.4 - Adsorção de íões de cálcio por micelas de argila (Adaptado de Devlin e Witham, 1983).

A calagem serve também para adequar os teores de magnésio/cálcio do solo ao necessário às plantas. Tem ainda como finalidade eliminar prováveis efeitos tóxicos dos elementos que podem ser prejudiciais às plantas, tais como alumínio (Al) e manganês (Mn) ao mesmo tempo que aumenta a disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg, S, e molibdénio (Mo) no solo e promove o aumento da actividade microbiana [28].

De uma maneira geral, a calagem deve ser feita quando o solo apresentar pH (em água) inferior a 5,3. Não deve ser feita além do necessário, pois, em excesso, pode reduzir o desenvolvimento das plantas [27].

Existem fórmulas para determinar as quantidades e cal a aplicar nos processos de calagem, as quais levam em consideração a percentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (60-70%) e a soma das bases trocáveis no solo ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$, em mmol/dm³) [28,10].

Um dos problemas originados por uma calagem excessiva é o surgimento de sintomas de deficiência em ferro, conseguindo as plantas resolvê-lo se contactarem directamente com as raízes em partículas ferrosas (Devlin e Witham, 1983).

Para além da cal, também o calcário é empregue como correctivo do solo.

Em solos arenosos, onde não exista matéria orgânica, com forte poder tamponizante, pode formar-se fosfato de cálcio, insolúvel, ficando os fosfatos e o cálcio indisponíveis para as plantas, sendo ainda a elevação do pH acompanhada por uma diminuição da solubilidade de ferro, zinco, cobre, manganésio e também boro (Devlin e Witham, 1983).

As concreções ricas em carbonatos de cálcio - tal como nos casos de argamassas - constituem uma reserva de cálcio que pode ir sendo disponibilizada de forma mais ou menos lenta, por meteorização, sob formas solúveis (Costa, 1999; Devlin e Witham, 1983). Estando reduzido a partículas com dimensões diminutas, equiparáveis às dos minerais de argila, vê aumentada a sua solubilidade em águas ácidas, como as das chuvas, aumentando muito a sua actividade química, sendo responsável pela elevação

do pH dos solos cujo complexo coloidal satura, podendo este atingir valores de 8,4 (Costa, 1999). Em solos férteis o cálcio pode perfazer 80 % do total das bases cambiáveis [24], sendo assim o principal catião de troca nesses solos (Devlin e Witham, 1983).

Solos muito ricos em cálcio diminuem a disponibilidade do ferro, o qual é mais solúvel a baixos valores de pH (Reimann e Caritat, 1998).

O cálcio realiza nas plantas uma multiplicidade de funções de primeira importância. É absorvido pelas plantas sob a forma de Ca^{2+} e move-se nos vasos xilémicos, sendo portanto a sua deslocação e a sua concentração nos tecidos dependente da transpiração foliar (Collier e Huntington, 1983, *in* Beninni *et al.*, 2003). Uma vez incluído nos tecidos, não é redistribuído para outras partes da planta (Millaway e Wiersholm, 1979, *in* Beninni *et al.*, 2003). A quantidade de cálcio numa planta varia entre 0,1 e 7 % do seu peso seco, sendo conhecidos casos de toxicidade para concentrações mais elevadas [24].

Há plantas que produzem oxalato de cálcio, um quelato, o qual sendo estável e insolúvel se deposita nos vacúolos de células especializadas (muitas vezes no sistema vascular), realizando assim uma função antitóxica para a planta [24,29].

Nas plantas o cálcio pode ocorrer ainda noutras formas, incluindo carbonatos e fosfatos com importantes funções na fisiologia e morfologia das plantas (Mengel e Kirkby, 1987). O nível de cálcio livre no citosol é baixo visto este catião representar um importante papel na regulação da fisiologia celular, como mensageiro secundário.

Associado ou não a proteínas receptoras intervêm em diversas vias metabólicas, na fotossíntese, nos movimentos citoplasmáticos e no aumento do volume celular (Malavolta *et al.*, 1997) e na regulação do ciclo celular [24]. Diversas enzimas, ditas calmodulinas, são reguladas pela actividade destas proteínas receptoras [24]. É também um activador de diferentes enzimas. Está relacionado com o metabolismo dos compostos azotados e é fundamental para a absorção e translocação de nutrientes [25].

Sob a forma de pectato de cálcio é um dos componentes da lamela média, assumindo nessa forma uma função de cimento biológico (Devlin e Witham, 1983), [24].

O cálcio previne ainda a ocorrência de danos na membrana celular vegetal, promovendo a integridade celular (Beninni *et al.*, 2003), [24].

O cálcio modula a actuação de todas as fitohormonas, intervenientes no crescimento celular. Regula a condutância estomática (Lambers *et al.*, 1998).

Regula a germinação, o crescimento, o desenvolvimento e a senescência, retardando-a [25].

O Ca^{2+} é apontado como um único mensageiro intracelular que, nas plantas, responde a uma grande variedade de estímulos com respostas diferenciadas. Os estímulos ambientais captados pelas plantas são traduzidos de imediato por modificações dos níveis de cálcio (Trewavas, 2003).

Há plantas com preferência por diferentes níveis de cálcio no solo.

Magnésio

O magnésio encontra-se em minerais primários como a augite, biotite, hornblenda, olivina, e serpentina, e em carbonatos como a dolomite e a magnesite, estes últimos muito abundantes em regiões áridas [24]. Nestas formas não se encontra disponível para as plantas mas, com a sua alteração, vão-se originando iões utilizáveis pelas plantas.

Ocorre em minerais de argila como a ilite e vermiculite, mas é especialmente abundante em clorite, sepiolite e atapulgite e também em vermiculite (ver Tabela 1.2.1).

A quantidade de magnésio varia de acordo com o tipo de solo. Em solos não calcários, a quantidade de Mg situa-se normalmente entre 0,1 e 1 % [24].

Pode ocorrer carência deste macronutriente em solos ácidos e arenosos, com pouca argila e pouca matéria orgânica, muito permeáveis e com elevada circulação de água. No entanto, as perdas de magnésio do solo são geralmente inferiores às de cálcio [24,25]. Tal como a cálcio, o magnésio é um ião de troca no solo, mas é muito menos abundante do que aquele (Devlin e Witham, 1983). Uma parte deste magnésio do solo é solúvel na água.

O teor de magnésio no solo nem sempre está directamente reflectido no teor de magnésio contido nas plantas que crescem nesse solo (Malavolta *et al.*, 1997).

A sua disponibilidade pode ser influenciada pelos colóides presentes no solo [24], pelo pH, pela CTC (capacidade de troca de catiões do solo a pH 7,0 - $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) e por antagonismo com o cálcio ou com o potássio. Do ponto de vista agronómico a relação Ca/Mg não deve ser superior a 5 (Malavolta *et al.*, 1997), [25,30].

A carência em magnésio é muito frequente no Minho, sendo agravada por situações de abundante adubação em potássio [31], elemento geralmente abundante nesta região.

O cálcio e o magnésio são simultaneamente macronutrientes para as plantas e elementos estruturantes do solo, sendo essenciais para o estabelecimento do complexo argilo-húmico, no qual as argilas e o húmus se associam, influenciando propriedades físicas do solo como a textura, estrutura, agregação e porosidade do solo relacionadas com a circulação dos fluidos, a facilidade de penetração das raízes para além da composição química (Gomes, 1986) [25,32].

O magnésio é absorvido pelas plantas sob a forma de Mg^{2+} [29]. É o catião celular de maior importância depois do potássio [33] e tem uma importante função estrutural na molécula de clorofila.

As variações no teor de Mg total reflectem-se, principalmente, na fracção em solução, sendo o Mg da clorofila pouco afectado, não excedendo 30% mesmo em plantas deficientes em Mg (Mengel e Kirkby, 1987; Todd, 1961, *in* [34])

Ao contrário do cálcio a mobilidade deste nutriente no floema permite a sua redistribuição pela planta em caso de carência [24, 27, 29]. O magnésio é um nutriente muito solúvel, sendo esta sua propriedade extremamente importante. Mais de 70 % do magnésio difunde-se livremente na solução celular, podendo encontrar-se associado a aniões inorgânicos e a aniões de ácidos orgânicos, como o malato e o citrato. Uma parte do magnésio associa-se a iões não difusíveis [35].

Liga-se a nucleótidos e proteínas, tem uma função estabilizadora para a estrutura de cadeias de DNA e RNA; activa certas enzimas como por exemplo fosfatases, carboxilases, ATPases, desidrogenases e Rubisco [24,35]; desempenham papéis em reacções que dependem de ATP, ocorrendo a formação de polifosfatos Mg-ATP. Muitas das enzimas relacionadas com o metabolismo dos glúcidos utilizam o Mg como activador bem como enzimas que intervêm na síntese dos ácidos nucleicos o utilizam (Devlin e Witham, 1983). É importante na integridade das membranas celulares e dos ribossomas [24].

Ferro

O ferro é encontrado nos minerais ferromagnesianos, de cor escura, como a biotite, hornblenda, augite e olivina.

O minério de ferro é obtido de hematite, magnetite, lepidocrocite e siderite. Ocorre também sobre a forma dos seus óxidos hidratados, como limonite e goethite [36] e como sulfureto, pirite.

Associa-se naturalmente ao magnésio, manganés, vanádio, titânio, escândio e enxofre. Constitui em média cerca de 2 % nos granitos, 5,5% nos argilitos e xistos e 3,5% nos solos (Reimann e Caritat, 1998).

Ao contrário de todos os outros micronutrientes que geralmente estão presentes no solo em quantidades suficientes, as plantas podem apresentar carência de ferro. Isto deve-se ao facto do ferro ser, de entre todos os micronutrientes, o que é mais utilizado pelas plantas mas, sobretudo, à indisponibilidade do ferro nalguns solos (Devlin e Witham, 1983).

Nos solos ácidos onde a solubilidade do ferro é maior, uma parte do ferro pode encontrar-se sob a forma de hidróxidos de ferro e alumínio, insolúveis [24, 25, 31]. Porém, nos solos alcalinos o ferro encontra-se em parte bloqueado pelo cálcio sob a forma de hidróxidos de ferro e cálcio, formas insolúveis que as plantas não conseguem utilizar. Pode assim haver ferro no solo mas existir deficiência em formas cambiáveis e solúveis de ferro, tal como no caso de solos neutros e alcalinos onde o ferro está muito menos solubilizado (Devlin e Witham, 1983). O mesmo pode ocorrer nos solos em que argamassas alcalinas estão muitas vezes presentes.

O ferro tem que ser absorvido pelas plantas sob a forma ferrosa, Fe^{2+} , encontrada no complexo de troca iónica dos solos, ou férrica, Fe^{3+} , adsorvido a colóides [24].

A forma ferrosa é a que tem maior mobilidade. Move-se principalmente na forma de citrato e surge nas folhas sob a forma de fitoferritina [24,35].

As deficiências ocorrem nas partes novas das plantas [24], sendo portanto considerado em nutriente imóvel. No entanto em certas condições pode dar-se também um excesso de Fe^{2+} em solos ácidos. Fe, Mn e Al podem tornar-se tóxicos nesses solos para plantas não acidófilas (não calcífugas) [24].

Nas plantas o ferro está concentrado particularmente nos cloroplastos, nas folhas, onde tem um importante papel pois entra na composição de proteínas cloroplasmáticas, estando também presente noutras metaloproteínas. Como a maioria dos micronutrientes entra na constituição de um grande número de enzimas/citocromos. Sob a forma de porfirinas como grupos prostéticos ou funcionais, em enzimas como, peroxidases, e citocromo-oxidase, associadas a reacções de oxido-redução, surgindo, portanto, também nas mitocôndrias [24].

Matéria orgânica

Os nutrientes essenciais para as plantas podem também resultar da decomposição da matéria orgânica presente no solo.

A matéria orgânica do solo (MOS) é definida como a fracção orgânica resultante da decomposição de restos de plantas e de animais, a tal ponto que a matéria original não seja já reconhecível. Para além desta, a biomassa microbiana do solo (BMS) pode conter entre 2 e 6 % do azoto total, 2 a 5 % do fósforo e 1 a 4 % do carbono orgânico. Inclui os microbiota e compreende entre 1 – 3% do total de matéria orgânica do solo (Jenkinson e Ladd, 1981).

A capacidade de troca e de retenção de água são no húmus - a parte mais significativa da matéria orgânica do ponto de vista da actividade química -, bastante mais elevadas do que nos minerais de argila em geral (Costa, 1999). A matéria orgânica presente num solo é capaz de reter até nove vezes o seu peso em água [37]. Uma pequena mas importante parte do Mg e do Ca do solo associa-se com a matéria orgânica e com argilas sendo fundamental na estruturação do solo (Gomes, 1986; Costa, 1999).

Da decomposição da matéria orgânica resultam compostos que podem alterar a composição química do solo e o seu pH. No entanto, o forte poder tamponizante do húmus limita as variações acentuadas de pH do solo (Costa, 1999).

Destes compostos acabam por resultar macro e micronutrientes que se somam aos resultantes da lenta alteração dos minerais primários.

1.2.6. Adaptação das plantas a diferentes condições ambientais

A distribuição das espécies está, em larga medida, dependente da adaptação das espécies e/ou ecótipos ao meio, medida numa escala evolutiva, e da capacidade de resposta adaptativa a determinadas pressões selectivas (ou stresses) mais pontuais, medida à escala da vida da planta. Esta resposta, ou ajustamento fenotípico, deve definir-se como aclimação (Crawford, 1989), devendo o termo “adaptação” deixar-se para os fenómenos que se desenrolam numa escala temporal mais alargada, ao nível da especiação.

As respostas dadas pelas plantas aos diferentes desafios/stresses (*challenges*) ambientais (bióticos ou abióticos) são geralmente múltiplas, podendo expressar-se ao nível do desenvolvimento, do crescimento, da anatomia e morfologia, nos mais variados aspectos bioquímicos, fisiológicos e metabólicos. Em ambientes mais stressantes (*challenging*) são favorecidas as espécies/ecótipos que devido à sua variabilidade genética e capacidade de aclimação se encontrem melhor adaptadas, independentemente do local da sua proveniência (Fowden *et al.*, 1993).

Segundo Crawford (1989) e considerando uma escala biogeográfica alargada, os limites de distribuição das plantas podem não reflectir tanto a capacidade de sobrevivência das espécies, mas, em muitos casos, a existência de barreiras à dispersão.

Assim sendo, as espécies podem adaptar-se e ser bem sucedidas em ecossistemas das quais não são originárias, particularmente se há uma semelhança apreciável entre os locais de origem e os locais a colonizar, resultando a distribuição das espécies do somatório dos factores históricos, geográficos e ambientais (Crawford, 1989).

Uma solução encontrada pelas plantas de modo a se adaptarem a ambientes diversos foi a “plasticidade fenotípica”. Alguns autores empregam a expressão “plasticidade arquitectónica” (*architectural plasticity*) para se referirem aos efeitos desta capacidade de aclimação das plantas (e.g. Guo *et al.*, 2006). A expressão “plasticidade fenotípica”, definida como a capacidade para alterar o crescimento em função das condições ambientais por Hutchings (1988), pode, contudo, ser usada num contexto mais abrangente duma plasticidade nas respostas na sua globalidade. Esta capacidade está presente, em diferentes graus, de espécie para espécie, e dentro da mesma espécie conhece variações entre populações e indivíduos diferentes. Tem sido bastante analisada em estudos de ecologia, de biologia evolutiva e de ecofisiologia.

1.2.6.1. Respostas ecofisiológicas a diferentes condições de luz e teor de água

De entre os factores ambientais, o **nível de irradiância**, ou a densidade de fluxo de fótons, e a **água** disponível para as plantas, são dois dos factores ecológicos mais importantes para o crescimento e desenvolvimento vegetal (Lambers *et al.*, 1998). Na maior parte dos ecossistemas terrestres a água é um factor limitante (Ho *et al.*, 2004), e, ao longo do seu ciclo de vida, as plantas ficam expostas, muitas vezes, a níveis de luz excessivos e/ou limitantes para a sua capacidade fotossintética.

Sendo as folhas, os órgãos de captação de luz e de realização da fotossíntese por excelência, é fácil perceber que um dos principais efeitos do factor "luz" nas plantas seja ao nível da área, morfologia e arquitectura foliares, de modo a ajustar a função fotossintética a cada regime de luz. Mas as folhas são, igualmente, o principal órgão responsável pelas perdas hídricas transpiratórias.

Em geral, na natureza, os factores de stress não se fazem sentir isoladamente, pelo que muitas das alterações ecofisiológicas observadas nas plantas são o resultado de respostas integradas a vários tipos de pressões ambientais.

Assim, plantas mais expostas a elevadas intensidades/durações de luz, estão geralmente também sujeitas a maiores **défices hídricos** - quer a humidades relativas do ar mais baixas, quer a níveis de água no solo mais baixos – necessitando, portanto, regular a área disponível para trocas gasosas de modo a otimizar, não apenas a capacidade fotossintética, mas antes, o binómio fotossíntese/transpiração e assim manter um nível hídrico compatível com a actividade celular e o crescimento.

Não é difícil perceber que a aclimação das plantas a diferentes condições hídricas passe por um conjunto de respostas bioquímicas, fisiológicas e morfológicas (p.e. Hutchings 1988; Paoletti 2005; Villagra e Cavagnaro, 2006), algumas semelhantes às observadas como resposta à luz, nomeadamente, alterações na área foliar, na área foliar específica, na densidade estomática, na espessura e composição das cutículas, nas ceras e no revestimento piloso (Villagra e Cavagnaro, 2006, Akoumianaki-Ioannidou *et al.*, 2004), estas duas últimas tendo a dupla função de redução da transpiração cuticular e aumento do albedo (Filella e Penuelas, 1999).

O compromisso morfológico da anatomia foliar relativamente ao ambiente luminoso e hídrico prevaletentes pode ser estudado determinando a **área foliar específica** (SLA) em folhas em estágios de desenvolvimento correspondente. As variações na SLA – razão entre área foliar e respectiva biomassa (cm^2/g) - ficam portanto a dever-se a variações na espessura da folha e/ou na densidade do mesófilo (Witkowski e Lamont, 1991, *in* Lambers *et al.*, 1998). Esta é uma variável robusta e bastante utilizada, visto permitir estabelecer comparações entre diferentes folhas, bem como entre diferentes

plantas (Garnier *et al.*, 1991).

De facto, plantas que crescem à sombra possuem, relativamente a plantas de sol, folhas mais largas, mais finas e/ou mesófilos menos densos – maiores SLA - uma elevada concentração em clorofilas por unidade de peso fresco e um menor teor em proteínas, ou seja, uma arquitectura optimizada para captar o máximo de luz (Lenk e Buschmann, 2006) em condições de luz limitante. Ao contrário, as plantas de sol possuem folhas tendencialmente mais pequena, mais espessas, com maior número de células fotossintéticas por unidade de superfície e/ou mesófilos mais compactos – menores SLA - com mais clorofila por unidade de área (Lambers *et al.*, 1998), optimizando, assim, a actividade fotossintética sob sol directo e intenso.

Um outro aspecto da fotoaclimatação a elevadas intensidades luminosas é, para além do teor em clorofilas, protagonistas fotossintéticos por excelência, a maior produção de compostos que filtram a radiação UV-B ($280 < \lambda < 315$ nm) que se encontram presentes sobretudo na epiderme das folhas (Lenk e Buschmann, 2006) e em ceras cuticulares (Liakopoulos *et al.*, 2001). Estas substâncias são polifenóis que protegem o núcleo, os cloroplastos e as mitocôndrias do parênquima dos danos provocados pelo excesso dessas radiações (Paoletti, 2005; Lenk e Buschmann, 2006).

Espécies de clima mediterrânico e de clima árido possuem, geralmente, quantidades mais elevadas de polifenóis, os quais actuam como um écran protector em relação aos efeitos da forte radiação UV-B a que estas plantas estão sujeitas (Lenk e Buschmann, 2006). Estas substâncias estão presentes em maior quantidade nas folhas de Verão e nas folhas de sol (Kofidis *et al.*, 2006) e, para as mesmas espécies, em altitude são mais abundantes do que a baixas altitudes (Kofidis *et al.*, 2006). Segundo Paoletti (2005) são comuns, em espécies mediterrânicas, flutuações dos níveis destas substâncias nas folhas em função do seu estado de desenvolvimento. No entanto, de acordo com Manetas (1999), citado por aquele autor, as plantas mediterrânicas de um modo geral não aumentam o teor em polifenóis quando sujeitas a quantidades adicionais de radiação UV-B, provavelmente por já enfrentarem condições naturais com níveis e flutuações naturais elevadas de radiação UV-B (Bennett e Walgrove, 1994; *in* Paoletti, 2005). No entanto, os UV-B incrementam a produção de polifenóis e carotenóides durante a diferenciação das folhas e os seus níveis parecem relacionados com a irradiação de UV-B ao meio-dia solar (Liakoura *et al.*, 1997; Campos *et al.*, 1999, *in* Paoletti 2005).

Esta fotoaclimatação pode gerar diferentes ecótipos de acordo com o grau de irradiação das folhas e das plantas, já que a variação na quantidade de polifenóis é acompanhada por modificações na morfometria das folhas, de modo a reduzirem a área foliar exposta ao sol (Lenk e Bushmann, 2006), enquanto que as folhas de sombra fazem o oposto, originando assim uma grande variabilidade fenológica na arquitectura intraespecífica. De

entre os polifenóis existe um grupo de pigmentos, hidrossolúveis e vacuolares – as **antocianinas** - que conferem tonalidades vermelha, laranja, azul ou violeta na maioria dos órgãos vegetais de diferentes espécies de plantas (Silva *et al.*, 2007; Reyes e Cisneros-Zevallos, 2007).

A resposta foliar ao factor "luz" e "água" é muito versátil, passando ainda, para além da aclimação do crescimento, anatomia e bioquímica foliares, por aspectos relativos ao número e dimensões dos **estomas**, bem como da sua regulação funcional.

Muito sumariamente, os estomas são poros existentes nos órgãos aéreos, na superfície de tecidos fotossintéticos e em continuidade com o espaço intercelular subjacente, cuja abertura é controlada por células epidérmicas especializadas ou células guarda. A resistência estomática é uma das principais resistências à difusão de gases entre a folha e a atmosfera, e o principal ponto de regulação interna de perdas transpiratórias por parte da planta.

A redução do teor de água no solo induz a produção de um sinal hormonal nas células das raízes, conduzindo a um aumento da resistência estomática proporcional àquela redução (Mansfield e Davies 1985, *in* [38]). O aumento da resistência estomática nesta situação, limitando a taxa de transpiração foliar, contribui para a manutenção dum estado hídrico da planta adequado, sendo o teor hídrico relativo (RWC) foliar, uma estimativa indirecta deste estado [38].

Em plena zona urbana, um meio em que o regime de luz pode ser mais caótico - com golpes de sol (do inglês *sunflecks*) muito intensos e imprevisíveis, e alturas do ano com altos níveis de sombra em grande parte do fotoperíodo (por exemplo por interposição de ramagem de folhosas) – e em que as condições de disponibilidade hídrica também sofrem, potencialmente, grandes oscilações, a regulação das trocas gasosas torna-se, não só mais premente, como mais difícil de realizar.

Uma regulação apertada das trocas gasosas e, portanto, do estado hídrico da planta, em condições de elevada luz e défices hídricos, pode ser conseguida com várias estratégias, como se disse, sendo uma delas a alteração do número e dimensões dos estomas.

A **densidade estomática** nas páginas superior e inferior das folhas é característica de cada espécie, mas pode variar de acordo com a influência de factores ambientais como, por exemplo, a concentração ambiental de CO₂ (Garcia-Amorena *et al.*, 2006) e de O₂ [94], concentrações salinas no substrato (Salas *et al.*, 2001), a radiação solar e fornecimento de água (Henzell *et al.*, 1976, *in* [39]), ou, ainda, de acordo com o estágio de desenvolvimento (Henzell *et al.*, 1976, *in* [39]). O aumento da densidade estomática, em particular como resposta à exposição solar e ao défice hídrico, é uma resposta comum (Henzell *et al.*, 1976 *in* [39]; Lichtenthaler *et al.*, 1981).

Segundo Croxdale (2000, *in* Peres-Martinez *et al.*, 2004) a densidade estomática

representa um valor diagnóstico desde que o seu uso seja em órgão comparáveis em desenvolvimento e taxonomia.

Uma diminuição das **dimensões estomáticas** em folhas mais expostas ao sol, relativamente a folhas menos expostas do interior da copa, foi também referida (Garcia-Amorena *et al.*, 2006).

Em resumo, pela integração destas respostas adaptativas as plantas, em condições de água limitantes e de elevadas intensidades luminosas, conseguem não só reduzir a área transpirante total, maximizando a sua capacidade fotossintética por unidade de área foliar (diminuição da área foliar, diminuição de SLA, aumento dos teores de clorofilas e antocianinas), como exercer um maior controlo nos fluxos de CO₂ e de vapor de água através dum equipamento estomático mais eficiente (maior densidade e estomas de menores dimensões) (Silva *et al.*, 2001).

1.2.6.2 Adaptações das plantas ao nível de cálcio no solo: plantas calcícolas e calcífugas

Algumas espécies apresentam requisitos específicos em teores de cálcio no meio. Umas exigindo mais, outras menos que a maioria das restantes espécies. O conceito de planta "calcícola" evoluiu ao longo do tempo, começando por estar associado ao teor em cálcio encontrado nas plantas, correspondendo presentemente a noções diferentes, de acordo com os diferentes autores. Para referir algumas podem enumerar-se as seguintes:

- Calcícolas são plantas com concentrações tecidulares de cálcio entre 15,7 e 22,7 g/kg, reflectindo estes níveis directamente a disponibilidade de cálcio no solo (Hou e Merkle, 1950, *in* Haridasan e Araújo, 2005).
- Calcícolas são as plantas que crescem em solos ricos em cálcio, podendo ser usadas como espécies indicadoras de solos com altas concentrações de cálcio, mesmo que o seu pH não ultrapasse 7 (Steele, 1955, *in* Haridasan e Araújo 2005).
- Calcícola é qualquer planta que ocorra em solos ricos em cálcio, por oposição a calcífugas, as quais são intolerantes a esses solos (Crawford, 1989).
- Calcícolas são plantas cujo crescimento e desenvolvimento é afectado pela acidez do solo e pelos efeitos toxicológicos do alumínio, do ferro ou do manganésio nele disponível, bem como pela baixa solubilidade de outros elementos químicos, podendo não ter necessidade de elevadas concentrações de cálcio (Crawley, 1997, *in* Haridasan e Araújo 2005).
- Calcícolas são plantas que conseguem absorver K e Mg em solos com alto teor de cálcio [24].

- Calcícolas são plantas associadas a solos com elevado pH. Ainda que o seu crescimento possa ser estimulado por concentrações elevadas de cálcio o principal factor a explicar a sua distribuição é a sua intolerância radicular a Al^{3+} (Lambers *et al.*, 1998).

Calcífugas e calcícolas estão grandemente limitadas a solos com determinado pH devido à sua incapacidade para adquirirem alguns dos nutrientes essenciais fora deles (Lambers *et al.*, 1998)

As calcícolas excretam pelas raízes muito mais ácido oxálico e cítrico do que as calcífugas. Estes ácidos solubilizam respectivamente fosfatos e ferro em solos calcários (Srom *et al.*, 1994, *in* Lambers *et al.*, 1998).

As calcícolas evitam ser envenenadas pelo excesso de cálcio nos seus tecidos armazenando-o, por vezes sob a forma de tricomas das folhas (De Silva *et al.*, 1996, *in* Lambers *et al.* 1998). A concentração de um mineral na planta não é necessariamente proporcional à necessidade que a planta tem dele, podendo armazená-lo apenas para o tornar menos nefasto (Lambers *et al.*, 1998).

É pertinente ter presente este conceito visto *Trachelium caeruleum* surgir frequentemente referido como uma espécie associada a solos calcários (ver pontos 1.2.1.3. e 1.2.2.) e este ser uma carácter que se pretendeu confirmar quer por estudos *in vivo* quer *in vitro*.

1.2.7. Propagação clonal e culturas *in vitro*

Como já referido, existe uma quantidade significativa de informação sobre macropropagação e técnicas de cultivo de *Trachelium caeruleum*, sendo muito escassa a relacionada com culturas *in vitro* desta espécie, nomeadamente no que diz respeito a técnicas de micropropagação.

O tratamento aprofundado deste tópico escapa aos objectivos principais do presente trabalho, pelo que para uma informação mais detalhada sobre as principais técnicas, cuidados, meios de cultura, metodologias, aplicações, tipos de culturas e espécies cultivadas *in vitro*, se aconselha a obra de George (1993).

Resumidamente, pode dizer-se que as técnicas de cultura *in vitro* permitem, em condições controladas – desde a formulação química do meio de cultura, às condições ambientais de intensidade luminosa, fotoperíodo, humidade relativa, CO_2 , etc. - propagar genótipos de interesse através do estabelecimento de culturas de células, tecidos, órgãos ou plantas.

Existe uma enorme variedade de **meios de cultura**, adequados a diferentes tipos e plantas e finalidades. Em geral estes meios incluem os minerais essenciais, macronutrientes e os micronutrientes, uma fonte orgânica de carbono e energia (geralmente a sacarose), uma fonte de N orgânico (geralmente aminoácidos) e

vitaminas. Estes asseguram o funcionamento e nutrição adequada das culturas que, na maioria dos casos, não apresenta actividade fotoautotrófica, mantendo um pH adequado ao desenvolvimento das culturas.

O meio de Murashige e Shoog (MS) (Murashige e Shoog, 1962) é um dos mais utilizados por favorecer o crescimento de um grande número de espécies de plantas (George, 1993). Por vezes são adicionados aos meios de culturas suplementos hormonais, ou fito-reguladores, de forma a manipular processos morfogénicos - a diferenciação de tecidos, órgãos ou plantas -, bem como a controlar o crescimento das culturas.

de gemas ou gomos, ou o crescimento da parte aérea das plantas (Cunha, 2001). Os **fito-reguladores** mais utilizados são das classes das auxinas e das citocininas. As auxinas promovem a expansão celular e são utilizadas, por exemplo, para promover a produção de raízes adventícias e a embriogénese somática. As citocininas, utilizadas conjuntamente com as auxinas estimulam a divisão celular. São empregues, também, quando se pretende inibir a produção de raízes e estimular a multiplicação

O estabelecimento de culturas *in vitro* de uma espécie, com a optimização de meios de cultura de plantas para cada tipo de cultura, permite a realização de estudos controlados sobre os requisitos físico-químicos da espécie e seu comportamento morfofisiológico em função da composição do meio e condições ambientais; fornece um material biológico bastante mais homogéneo, importante para o estudo das vias metabólicas activas em cada situação; e permite constituir, ainda, versáteis modelos biológicos para estudos de engenharia genética.

Do ponto de vista mais aplicado, as técnicas de cultura *in vitro* são essenciais para a obtenção de linhagens de plantas por micropropagação em boas condições fitossanitárias, no tratamento de infecções sistémicas, e para a produção biotecnológica de compostos de interesse para as indústrias alimentar e farmacêutica.

Para que a micropropagação de uma espécie possa ser realizada eficazmente é necessário obter protocolos simples e optimizados que permitam estabelecer culturas da espécie quer a partir de sementes quer a partir de explantes, permitindo também transferências consecutivas de modo a, em qualquer momento, poder contar com um número elevado de plantas saudáveis na fase de desenvolvimento adequada para os estudos que se torne necessário realizar (Cunha, 2001).

1.3. Objectivos

Estando este trabalho inserido no âmbito dum curso de Mestrado em Ciências do Ambiente, especialização em Qualidade Ambiental, tem como objectivos principais:

- Contribuir para o conhecimento de factores abióticos (físicos, químicos, climáticos) importantes para a colonização e bioreceptividade de muros da zona histórica da cidade de Braga por *Trachelium caeruleum* L..
- Contribuir para o conhecimento das características intrínsecas dos muros que determinam a bioreceptividade a *Trachelium caeruleum* L..
- Relacionar as características morfo-fisiológicas desta espécie com a sua capacidade de adaptação a condições/substratos que a maior parte das outras espécies não ocupa.
- Esclarecer aspectos ecológicos relacionados com a espécie e o seu ciclo de vida, nomeadamente com a sua reprodução e dispersão que permitam entender melhor a natureza da colonização e naturalização desta espécie em Braga.
- Contribuir para a caracterização das exigências de crescimento em condições controladas e para o estabelecimento da espécie em condições *in vitro*.
- Contribuir para o conhecimento, divulgação, promoção e preservação deste património florístico de elevado valor botânico, ecológico e ornamental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

2.1.1. Enquadramento geográfico

Nas figuras 2.1.1 e 2.1.2 pode observar-se a localização geográfica da área de estudo.



Fig. 2.1.1 Localização de Portugal (Reproduzido de [40]).

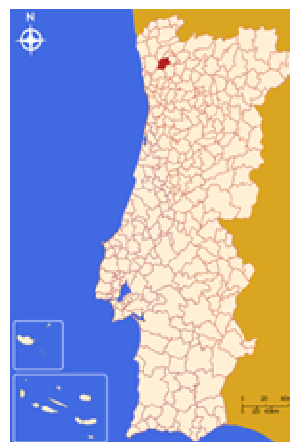


Fig. 2.1.2 Localização do concelho de Braga (Reproduzido de [40]).

Braga situa-se a $41^{\circ} 35''$ N $08^{\circ} 25''$ O, no Noroeste de Portugal na margem esquerda do Rio Cávado distando cerca de 30 km do litoral. A Este o terreno é montanhoso, sendo o Monte do Sameiro (572 m) a maior elevação, seguida do Monte de Santa Marta (562 m). A Sul, como a Oeste o terreno é um misto de montanhas, colinas e vales. O Rio Este nasce a leste, entre a Serra do Carvalho (479 m) e a Serra dos Picos (566 m). A cidade desenvolve-se para os vale do Rio Este, a Este e Sul e do Rio Cávado a Norte e Oeste [40].

Do ponto de vista climático a região de Braga sofre a influência do Oceano Atlântico, registando uma reduzida continentalidade. O clima é Atlântico temperado, ou seja, tem quatro estações bem definidas.

O gráfico 2.1.3 diz respeito aos valores da temperatura média mensal no período 1960-1990, obtidos a partir das normais climáticas para a estação de Braga.

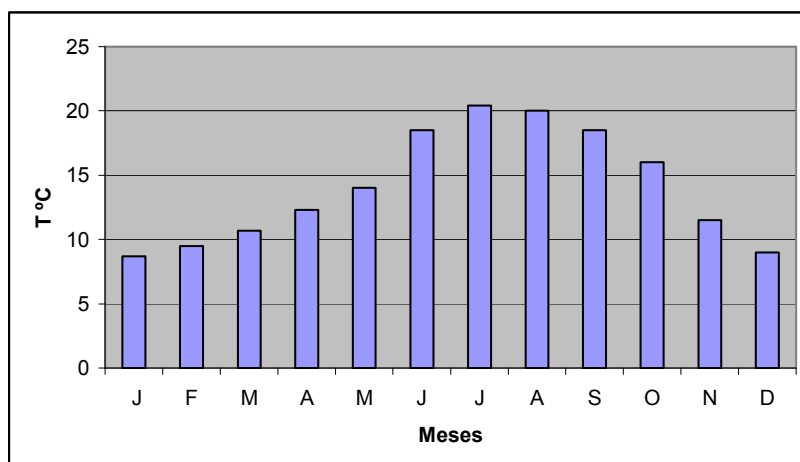


Fig. 2.1.3 - Temperatura média mensal dos últimos 30 anos (adaptado de Lima, 1994).

Neste período o semestre mais quente é o que vai de Maio a Outubro. Os valores médios do mês mais frio - Janeiro - foram de 8,7 °C, sendo também em Janeiro que se registou o mínimo absoluto de -5,3 °C para o período em análise. Os valores médios das temperaturas foram de 20,4 °C, em Julho, mês onde se registou o máximo absoluto de 39,3°C.

O valor da amplitude térmica anual foi de 11,7 °C (Lima 1994).

Nos últimos 30 anos a média da temperatura mínima foi de cerca de 10 °C e a temperatura máxima de 19°C, sendo a amplitude térmica anual de 9 °C. [40].

Nos últimos 4 anos o mínimo absoluto foi -4 °C (Janeiro de 2006) e o máximo absoluto foi de 43 °C (Julho 2003) [40].

Os ventos, de acordo com as normais climáticas do *INMG* para o período de 1951-1970, no segundo semestre do ano, Julho a Dezembro possuíram uma velocidade média de 7,02 km/h, nos 50% dos dias do ano em que sopraram, correspondendo os restantes dias a períodos de calmaria.

No mesmo semestre apenas com uma frequência de 0,1 sopraram em Outubro ventos com uma velocidade superior a 36 km/h (mas inferior a 55 km/h) e de 0,3 em Novembro com uma velocidade superior a 55 km/h) de acordo com as mesmas normais climáticas.

Nos restantes meses estes patamares não foram atingidos.

Já em 2006 a velocidade do vento em Setembro apenas num dia atingiu 36 km/h de SW e em 10 dias do mês de Outubro terá soprado de S ou SW com uma velocidade 36 km/h [41].

A precipitação média anual no período de 1961/1990 foi de 1515 mm, sendo de 610 mm o valor da evapotranspiração média anual (Ferreira *et al.*, 2000 a)

O gráfico da figura 2.1.4 representa os valores da precipitação média em Braga entre 1961 e 1990, obtidos a partir das normais climáticas para a estação de Braga.

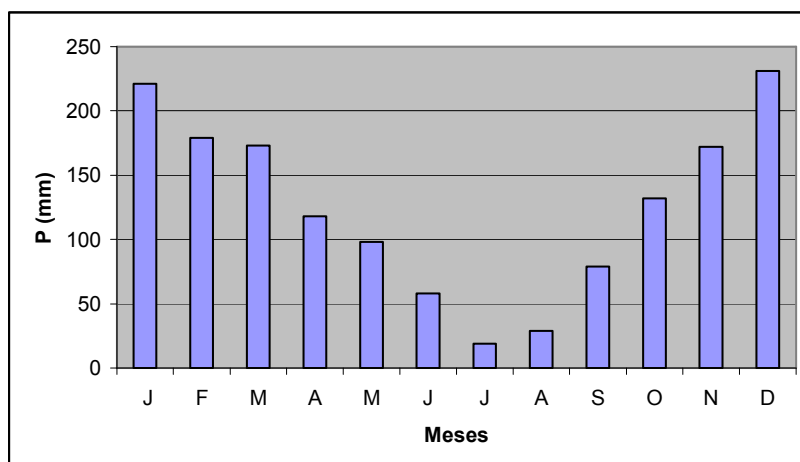


Fig. 2.1.4 - Precipitação média mensal para o período de 1961-1990 (adaptado de Lima, 1994).

O semestre menos chuvoso é o de Abril a Setembro. A precipitação nos meses de Julho e Agosto não atinge os 4% do total anual. A distribuição da pluviosidade em Portugal continental, com a dualidade entre uma estação seca e uma húmida, está directamente relacionada com a latitude a que se encontra (Ribeiro *et al.*, 1988). Os meses mais frios são também os mais chuvosos.

A precipitação média anual no período de 1961/1990 foi de 1515 mm, sendo de 610 mm o valor da evapotranspiração I média anual (Ferreira *et al.*, 2000 b).

No gráfico da figura 2.1.5 podem observar-se os valores da temperatura e da pluviosidade para o período compreendido entre 1961 e 1990.

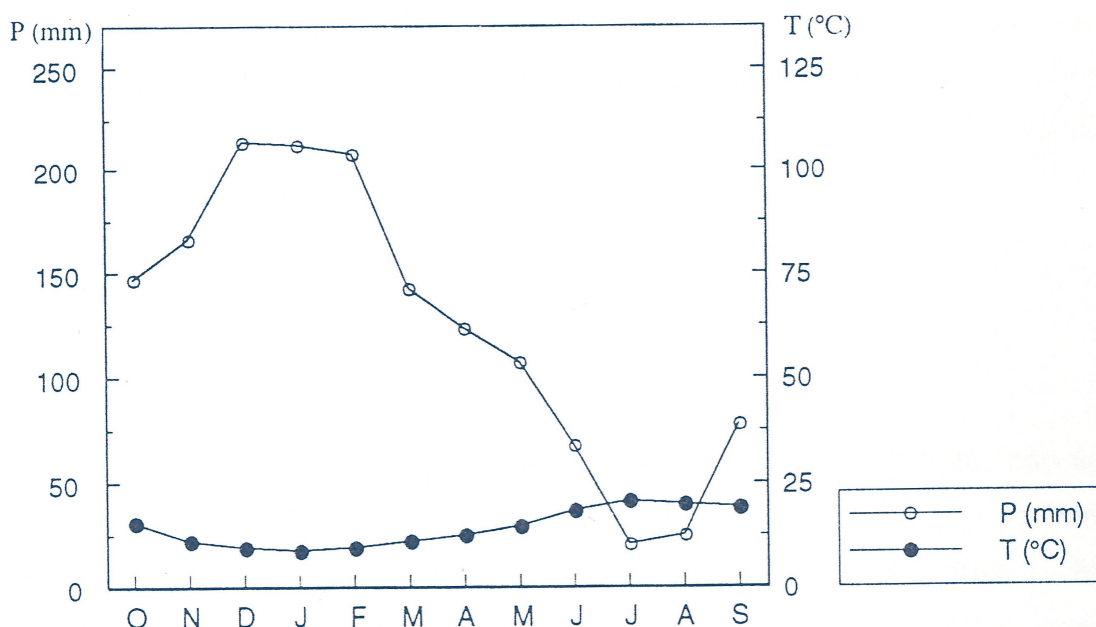


Fig. 2.1.5 - Gráfico termopluviométrico para o período de 1961-1990. Reproduzido de Lima (1994).

Um mês tem carácter árido quando a sua precipitação total em mm é inferior ao dobro da temperatura média mensal em °C. Como se pode verificar Julho é um mês árido e Agosto quase o é, acentuando o pendor mediterrânico deste clima de transição entre o Temperado e o Mediterrânico.

A diagnose apresentada na tabela 2.1.1. foi feita de acordo com o sistema bioclimático mundial de Rivas-Martinez *et al.* (2002). Neste modelo bioclimático a precipitação e a temperatura são os principais parâmetros climáticos a condicionar a distribuição das plantas e das comunidades que lhe estão associadas. Os índices utilizados são os de Honrado (2003).

Tabela 2.1.1 - Caracterização/Diagnose bioclimática de Braga (local da estação do Posto Agrário; altitude 190 m).

Estação	Localização	Macroclima	Bioclima	Continentalidade	Ombrotipo	Termotipo
Braga - Posto Agrário	41° 33'N 8° 24'W	Temperado	Submediterrânico- Oceânico	Semi - Hiper-oceânico	Húmido superior	Meso - Mediterrânico inferior

No sistema de Rivas-Martinez são considerados à escala mundial cinco macroclimas – Polar, Boreal, Temperado, Mediterrânico e Tropical). A distinção entre Temperado e Mediterrânico é feita com base no facto de o macroclima Mediterrânico ter um período de secura coincidente com o Verão igual ou superior a dois meses (Rivas-Martinez *et al.*, 2002) pelo que se considera que em Portugal o clima tem carácter Submediterrânico.

Os bioclimas são atribuídos em função do Índice Ombrotérmico Anual (Io) e do Índice de Continentalidade (Ic).

Io – soma das precipitações médias /soma das temperaturas médias (meses com $t > 0^{\circ}\text{C}$).

Para Braga o valor de Io encontrado é de 8,87.

Ic – numericamente igual à amplitude térmica anual, ou diferença entre as temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio.

Para Braga esse valor é de 9 , considerando os dados dos últimos trinta anos.

Segundo Rivas-Martinez a influência da continentalidade sobre a distribuição da vegetação é determinante, ajudando a estabelecer fronteiras entre bioclimas. Na figura 2.1.6 pode observar-se a distribuição dos valores da continentalidade para a Península Ibérica.

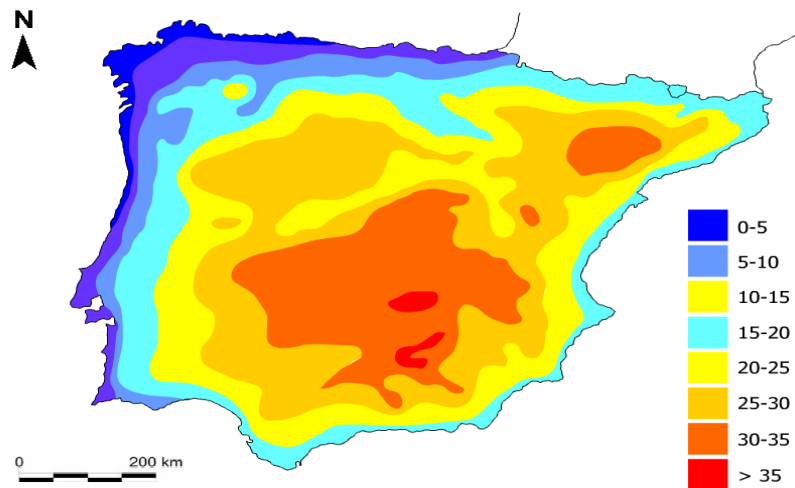


Fig. 2.1.6 - Continentalidade na Península Ibérica. Adaptado de [42].

Em termos biogeográficos Portugal Continental está dividido em duas regiões biogeográficas (Fig. 2.1.7) pertencendo o Minho / Braga à região Eurossiberiana (Sub-Região Atlântica-Medioeuropeia, SuperProvíncia Atlântica, Província Cantabro-Atlântica, Sub-Província Galaico-Asturiana, Sector Galaico-Português, Sub-Sector Miniense, Super-Distrito Miniense Litoral (Rivas-Martinez *et al.*, 2002); [42].



Fig. 2.1.7 - Regiões biogeográficas. (Adaptado por Honrado de Rivas-Martinez, 1987 *in* Maravalhas, 2003).

O clima, os solos e a vegetação característicos destas duas regiões são bastante distintos (Honrado, *in* Maravalhas, 2003); [42].

Na figura 2.1.8 está representada a acidez e alcalinidade dos solos em Portugal. É visível que grande parte do norte do país, incluindo a região de Braga possui solos ácidos, os quais são resultantes da alteração das rochas granitóides da região. O centro e sul do país possuem em geral solos menos ácidos e de reacção neutra ou alcalina.

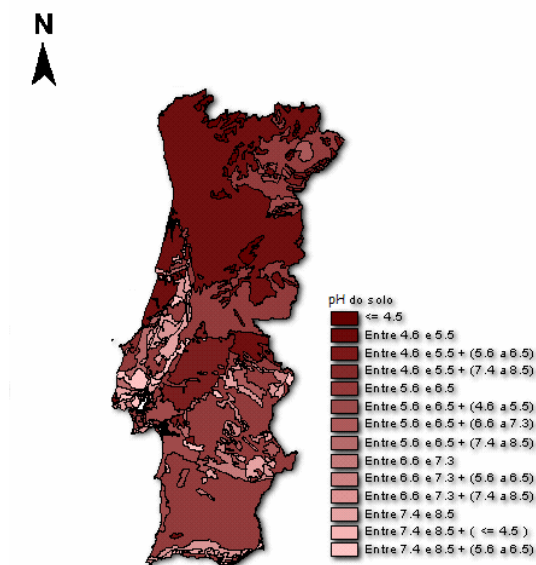


Fig. 2.1.8 - Mapa de distribuição de acidez do solo. Reproduzido de [43].

2.1.2. Enquadramento geológico

No quadro das divisões paleogeográficas da Península Ibérica Braga está enquadrada na Zona Centro-Ibérica da Cadeia Hercínica (Farias *et al.*, 1987, *in* Ferreira *et al.*, 2000 b).

Ferreira *et al.* (2000 b) descrevem a geologia da região como sendo predominantemente constituída por graníticos Hercínicos, de diferentes tipos quanto à sua granulometria, textura e composição química. Ainda de acordo com estes autores as rochas graníticas instalaram-se durante as últimas fases da Orogenia Hercínica, paralelamente à falha Vigo-Régua marcadas pelas direcções NW-SE e NNE-SSW da orogenia Hercínica, a que se somaram as de direcção ENE-WSW da orogenia Alpina.

A maior parte da cidade e o seu centro histórico desenvolve-se sobre o *Complexo Granítico de Braga*, onde predomina o designado granito de Braga, um monzogranito tarditectónico – cerca de 310 M.a., biotítico com rara moscovite, de tendência porfiróide, de grão médio a fino (Ferreira *et al.*, 2000 b). Semelhe, uma freguesia a oeste da cidade, a meio caminho para Tibães assenta parcialmente sobre metassedimentos do Paleozóico, micaxistos e migmatitos, com níveis de turmalinitos, numa mancha em forma de U que contorna a cidade também a sul e a este. Tibães encontra-se em terrenos igualmente do Silúrico onde alternam quartzofilitos e micaxistos com quartzitos e turmalinitos - constituindo a unidade parautoctone de Tibães (carreamento maior, da

Quinta do Souto) (Ferreira *et al.*, 2000 a e b). Aí as rochas xistentas sofreram por vezes caulinição (Ferreira *et al.*, 2000 a) apresentando tonalidades alaranjadas – avermelhadas.

Na proximidade, em pequenas manchas reticulares ao longo de linhas de água ocorrem depósitos fluviais e rochas sedimentares actuais. Noutros locais ocorrem algumas pequenas manchas de depósitos de cobertura constituídos essencialmente por sedimentos fluviais ou fluvio - lacustres não actuais (Ferreira *et al.*, 2000 b) tal como se pode observar no extracto da carta geológica à escala 1:50000 visível na figura 2.1.9.

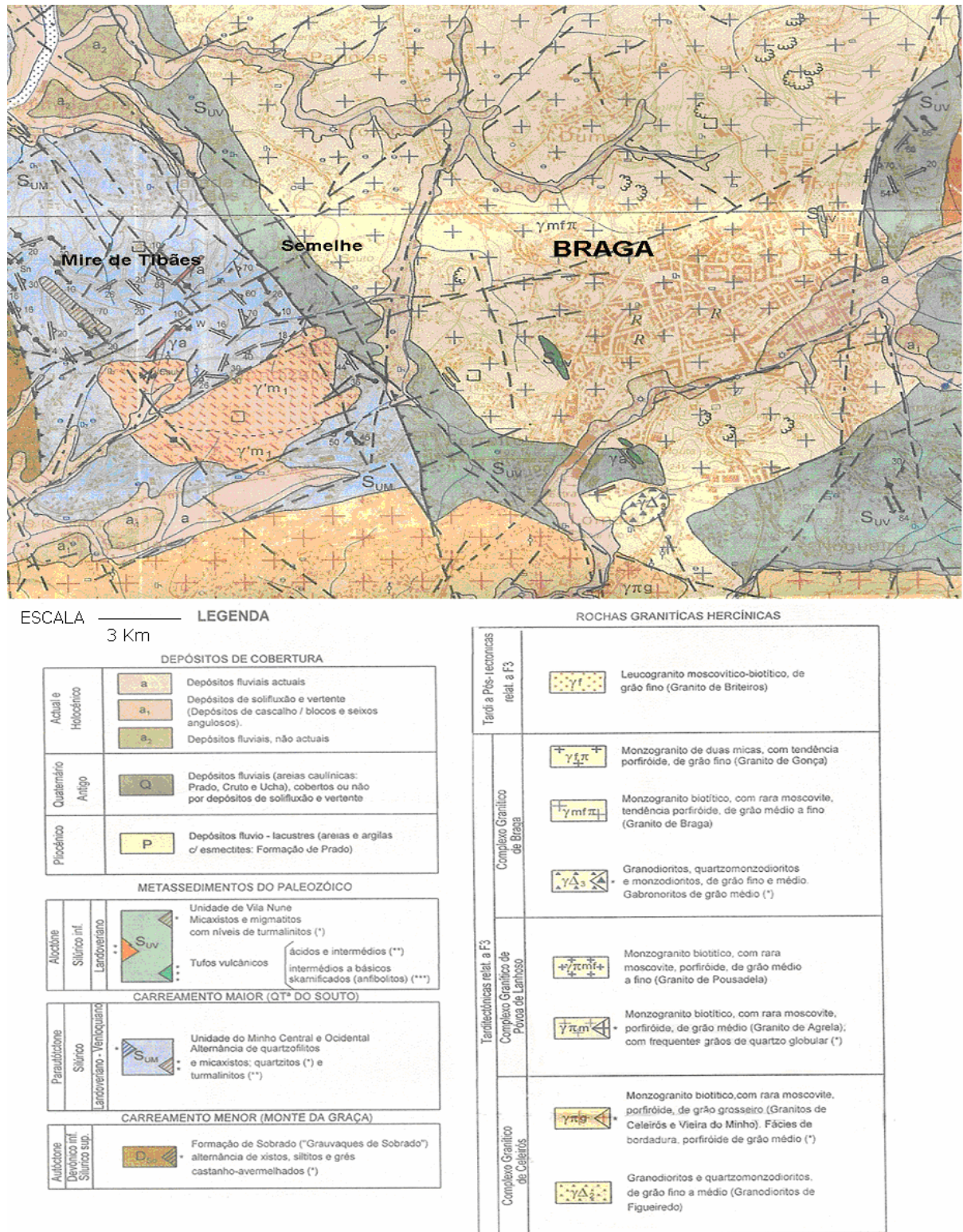


Figura 2.1.9 – Extracto da Carta Geológica de Portugal 1:50000 (Folha 5-D Braga; Ferreira *et al.* 2000 a), com a localização da cidade de Braga, de Semelhe e de Mire de Tibães.

2.2. Algumas espécies rupícolas e de insectos presentes no local de estudo.

Com o objectivo de melhor conhecer a ecologia de *Trachelium caeruleum* realizou-se, paralelamente, um estudo sobre algumas espécies que integram a comunidade biológica dos muros antigos da cidade de Braga. Para isso procedeu-se à observação e registo fotográfico sistemático de diferentes espécies da flora local bem como de borboletas que visitam esta espécie. Com esta abordagem pretendia-se perceber eventuais relações entre as espécies vegetais, entre estas e o suporte físico bem como do papel dos insectos referidos como agentes polinizadores.

2.3. Distribuição de *Trachelium caeruleum* L. na cidade e método de amostragem

A carta seguinte (Fig. 2.3.1) resulta de um trabalho prévio do autor, durante os últimos 5 anos, e revela a distribuição de espécimes observada na zona mais antiga da cidade de Braga.

Com base nesta distribuição foi elaborado um plano de amostragem que pretendia comparar muros colonizados e muros onde não foi detectada a presença da planta em condições de localização e exposição semelhantes, tendo-se colhida 40 amostras (a distribuição desta amostragem é apresentada na figura 2.3.2. e no capítulo 3, aquando da discussão dos resultados).

Como a espécie ocorre em edificações antigas, muros e edifícios, concentrando-se particularmente das freguesias urbanas da cidade de Braga, essa foi a principal área escolhida para amostragem. Dentro da área urbana e dada a sua preferência por estruturas antigas a área do centro histórico e monumental é naturalmente aquela onde se encontra a maior parte dos exemplares, sendo também aí recolhida a maior parte das amostras. No entanto era importante perceber a que se deve a distribuição descontínua da planta e nesse sentido foram também estudadas amostras de núcleos isolados de espécimes, quer no interior da cidade quer nas zonas mais limítrofes.

Como do conjunto de edificações os povoamentos mais significativos – em número de indivíduos ou percentagem da área coberta – ocorre em muros antigos, e em edifícios se encontram núcleos mais pequenos ou indivíduos isolados, muitas vezes em pontos de difícil acesso, como cornijas, telhados, torres, foi decidido restringir a amostragem ao primeiro grupo, já que nos muros as questões do acesso e as relacionadas com a recolha de amostras estão menos dificultadas.

Em casos raros a planta ocorre no solo, particularmente em frente a muros colonizados aonde se façam notar a influência dos materiais do próprio muro ou outros semelhantes, de natureza antrópica. Assim foram amostrados alguns destes solos. Colheu-se ainda uma amostra num solo de aterro.

Ao pretender conhecer quais os factores que explicam a distribuição da espécie na cidade e portanto a bioreceptividade das edificações a *Trachelium caeruleum* era importante estudar também as características de edificações próximas ou contíguas mas não colonizadas. Assim tentou-se seleccionar conjuntos de amostras de argamassas em muros colonizados e não colonizados com localizações e condições de exposição semelhantes.

Pela sua importância e proximidade relativamente à cidade de Braga foram ainda recolhidas amostras na área do Mosteiro de Tibães e de uma área situada a meio caminho - Semelhe, em muros não colonizados.

Na área da cidade foram amostrados 31 muros e três solos (um deles de aterro). Foram ainda seleccionados dois muros da zona de Semelhe e quatro na cerca do Mosteiro de Tibães, em muros não restaurados, perfazendo 40 amostras tratadas.

Destas 40 amostras 21 correspondem a locais colonizados por *Trachelium caeruleum*, sendo os restantes 19 locais actualmente não colonizados, e sem indícios de o terem sido, excepto o local 5 e 32, relativamente aos quais se reuniram informações contraditórias sendo indicados como possíveis falsas ausências.

Estas amostras foram recolhidas, na zona da cidade entre 28-06 e 6-7-2006 após várias semanas de tempo seco e na zona de Semelhe e Tibães no início de Agosto, com tempo seco.

A notação das amostras faz-se do número 1 ao 42. Estão porém ausentes os números 39 e 40 por corresponderem a amostras recolhidas em barreiras na zona de Tibães, para comparação com o material argiloso encontrado nos muros dessa área. Não correspondiam portanto a muros, estruturas ou habitats de possível ocorrência de *Trachelium caeruleum*.

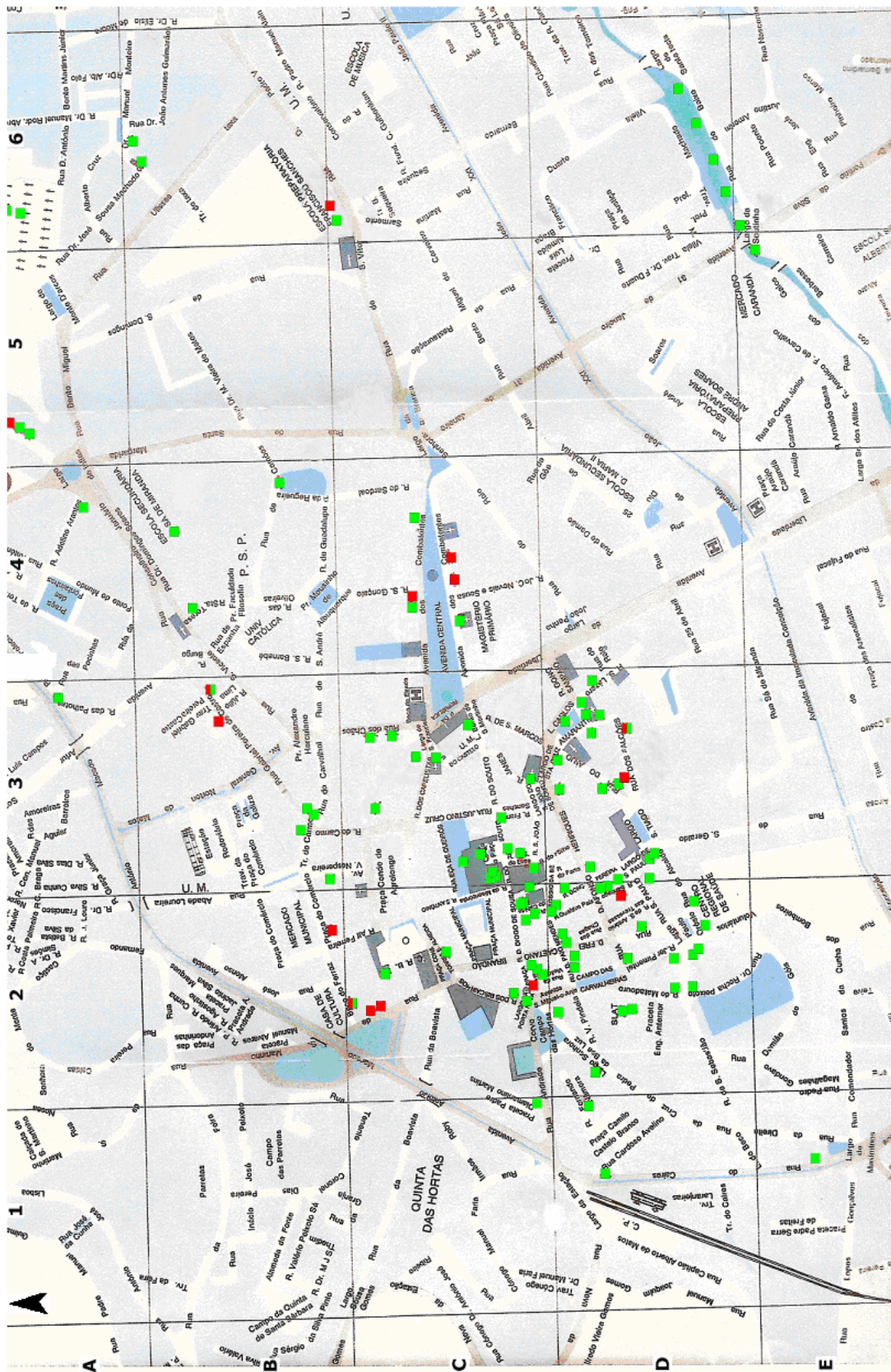


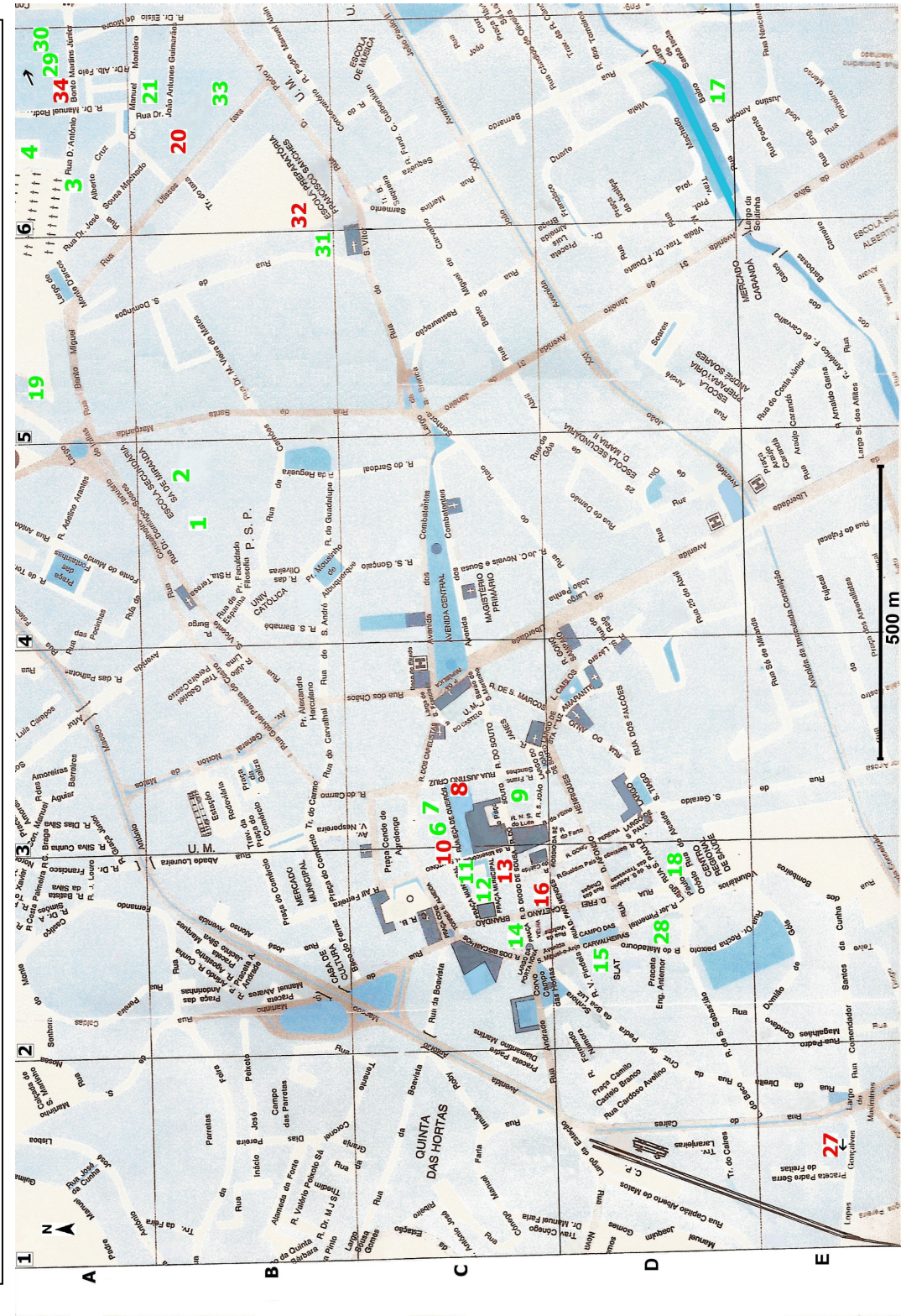


Fig. 2.3.1 - Distribuição da espécie na cidade da Braga por observação in loco durante os últimos 5 anos
(estudo do autor) ■ locais onde ocorrem presenças; ■ locais onde existiram espécimes
■ locais recolonizados

Fig. 2.3.2 - Distribuição dos locais de recolha das amostras analisadas na cidade da Braga

 algarismos a verde - locais colonizados

 algarismos a vermelho - locais não colonizados



2.4. Procedimentos para a recolha e tratamento de amostras

No caso de muros colonizados foi recolhido material em torno da raiz à profundidade de 5 a 10 cm. Nos muros não colonizados as amostras foram recolhidas a igual profundidade. Neste processo de recolha, o substrato era raspado de modo a obter uma quantidade suficiente de amostra representativa da argamassa e numa forma desagregada. Utilizaram-se instrumentos de recolha em PVC.

No caso de muros com argamassas muito duras foram recolhidas apenas amostras compósitas, havendo o cuidado de rejeitar, quando possível, o primeiro mm de material para evitar a contaminação da amostra com matéria orgânica de musgos, fungos e líquenes.

As amostras foram recolhidas para recipientes plásticos estéreis de 100 ml, com tampa de rosca, estanque, tendo sido selados com fita-cola e devidamente numeradas.

Previamente a cada análise físico-química, a quantidade de material necessário para o ensaio em questão era crivado num peneiro tal como recomendado (Blaisdell *et al.*, 2003). A *Standard Soil Convention for Analytical Procedures on the Fine Earth Fraction* (Blaisdell *et al.*, 2003) recomenda um crivo de 2 mm. Aqui, porém, devido ao processo de recolha, em que muitas vezes eram arrancados materiais grosseiros (reboco) presentes à superfície do muro que poderiam contaminar a amostra onde efectivamente as raízes se desenvolviam, optou-se por um crivo de 1 mm de malha.

2.5. Caracterização das condições de exposição à luz dos locais amostrados

De modo a caracterizar o nível de exposição solar (duração e intensidade) a que as plantas poderiam estar sujeitas procedeu-se à construção duma escala de Exposição solar tendo em conta dois factores: a orientação geográfica do local (considerando a direcção perpendicular à superfície no sentido de exposição) e a probabilidade de ocorrer diminuição da intensidade luminosa por acção de sombras de objectos (árvores, edifícios, etc.).

A Tabela 2.5.1 indica os valores inicialmente assumidos tendo em conta a orientação geográfica.

Tabela 2.5.1 - Valores de ensombramento atribuídos a cada orientação geográfica correspondendo os valores mais elevados aos maiores níveis de insolação.

N	1
NNE ou NNW	1,5
NE ou NW	2
ENE ou WNW	2,5
E ou W	3
ESE ou WSW	3,5
SE ou SW	4
SSE ou SSW	4,5
S	5

Havendo necessidade de atribuir valores inferiores a 1 para os locais com voltados a norte com ensombramento provocado por diferentes objectos optou-se, por razões de ordem prática, pela transformação da escala de exposição solar numa escala de ensombramento, com base nas relações de correspondência apresentadas na figura seguinte.

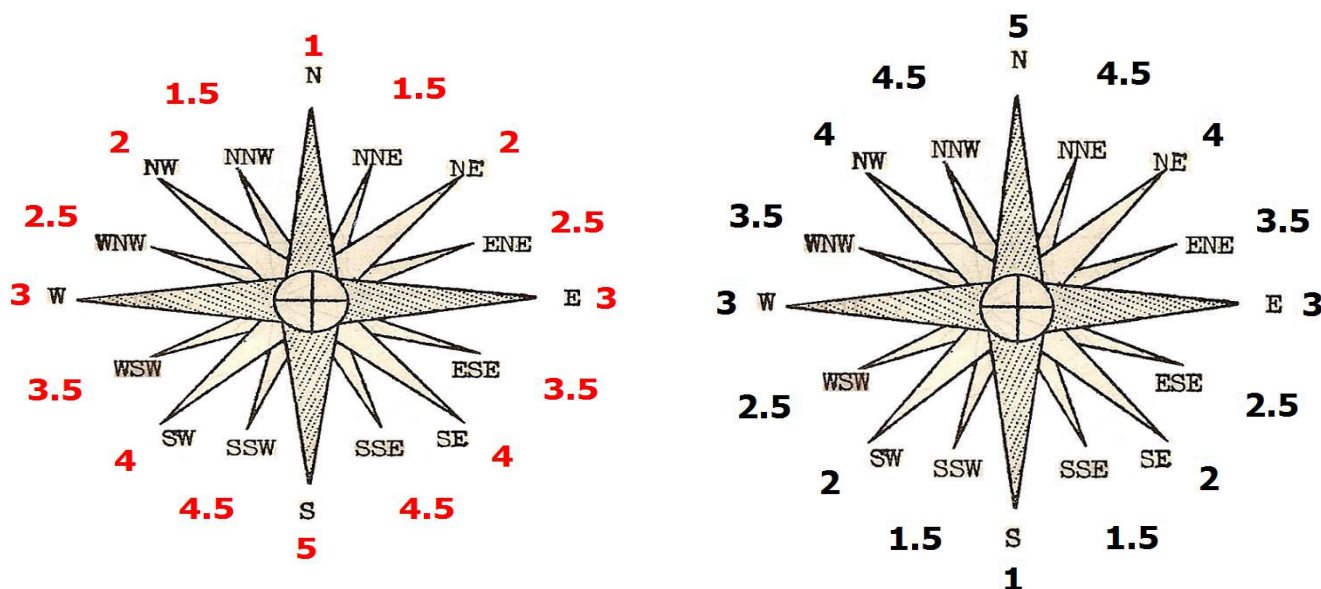


Fig. 2.5.1 Correspondência entre os valores da escala de exposição solar e a escala de ensombramento (à esquerda)

A caracterização da exposição solar deve considerar ainda a presença de objectos que interferem com a incidência solar sobre a estrutura de suporte. São apenas considerados objectos exteriores ao próprio muro onde as plantas se encontram ancoradas, isto é, por exemplo para um muro voltado a norte não se considera o ensombramento feito a sul por esse próprio muro. A orientação dos objectos que provocam ensombramento foi classificada em dois termos extremos (paralelo e perpendicular). Na ponderação do factor sombra foram atribuídas uma classificação como total ou parcial, de acordo com as dimensões, o número e o posicionamento relativo dos objectos responsáveis pelo ensombramento, bem como a distância a que se encontra(m) do muro e portanto as dimensões/duração da sombra produzida. Estas considerações foram aferidas *in loco* para cada um dos locais de amostragem. Assim, o valor determinado de acordo com o exposto na tabela anterior foi corrigido de acordo com os seguintes critérios (o azimuth indicado é perpendicular à superfície no sentido de exposição):

a) para muros com azimuth entre 90 e 270 N:

Objecto (sombra) paralelo (grosso modo) ao azimuth do muro **+1,5**

Objecto (sombra parcial) paralelo ao azimuth do muro **+1**

Objecto (sombra) perpendicular (grosso modo) ao azimuth do muro **+1**

Objecto (sombra parcial) perpendicular ao azimute do muro + **0,5**

b) para muros com azimute entre 45 - 90 e 270 – 315 N:

Objecto/sombra perpendicular_ao azimute do muro +**1**

Objecto (sombra parcial) perpendicular ao azimute do muro + **0,5**

Objecto (sombra) paralelo ao azimute do muro + **0,5**;

Objecto (sombra) paralelo ao azimute do muro + **0,5**;

c) para muros com azimute entre 315 e 45N:

Objecto de ensombramento próximo do muro + **0,5**

d) sombra em todas as direcções excepto superior = **5**;

e) sombra superior parcial + **0,5** adicionais;

f) sombra superior total (efeito de túnel) + **1** adicional.

Assim nalguns locais voltados o valor final obtido na escala de ensombramento foi superior a 5.

2.6. Metodologia para a análise das argamassas

2.6.1. Determinação da dureza superficial

A dureza superficial das argamassas foi avaliada *in loco*, por risco, seguindo uma adaptação de Ceotto *et al.* (2005). Para tal foram executados riscos cruzados com o bico da espátula (*Ocai*, lâmina inox de 5x11cm, cabo de madeira.) na área do local de amostragem, sendo medida a profundidade do sulco produzido com craveira e com minas de grafite. Sobre os riscos assim obtidos foi passada uma lixa para ferro (nº 120), executando 10 movimentos de vai-e-vem. A dureza superficial foi avaliada de acordo com a Escala de Dureza Superficial abaixo apresentada.

1 - Penetra vários cm. O risco é apagado por lixamento.

2 - Penetra até 1 cm. Apaga por lixamento.

3 - Penetra até 2 mm. Apaga por lixamento.

4 - Penetra até 1 mm. Apaga por lixamento.

5 - Penetra até 1 mm. Não apaga por lixamento.

6 - Penetra até 0,5 mm. Não apaga por lixamento.

Esta escala foi concebida de forma a funcionar como um instrumento simples de comparação da dureza das superfícies expostas das argamassas encontradas nos muros.

2.6.2. Determinação do teor relativo em água (TRA)

A água disponível para as plantas é a água capilar, sendo a sua quantidade máxima designada por capacidade capilar ou de campo. Pode ser medida por vários processos tendo sido utilizado, neste estudo, a quantidade de água presente como percentagem de peso do solo (Teutónico, 1988).

Placas de Petri, previamente pesadas, foram cheias até cerca de 1 cm de espessura com uma camada de amostra e novamente pesadas de modo a obter o peso húmido. De seguida foram colocadas em estufa a 105 °C durante 24 h. Após arrefecimento em excicador foram novamente pesadas em balança analítica (H54AR, Mettler) tendo-se obtido o peso seco. A percentagem de água perdida determinou-se de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{TRA (\%)} = \text{peso seco/peso húmido} \times 100$$

2.6.3. Testes químicos qualitativos

2.6.3.1. Teste com a fenolftaleína

Para determinar o grau de carbonatação utilizou-se um método qualitativo adaptado de Teutónico (1988).

Adicionou-se uma gota de fenolftaleína 1 % p.v. (1 g de fenolftaleína + 50 ml de água destilada + 50 ml de etanol) a aproximadamente 1 g de amostra colhida à profundidade de 5-10cm e na argamassa exposta a cerca de 0,15 cm de profundidade.

Nas amostras não carbonatadas a solução adquire a cor vermelho-carmim, nas áreas carbonatadas não há reacção.

Não havendo mudança de cor foram adicionadas duas gotas de água destilada à amostra e observou-se à lupa: o aparecimento de uma coloração vermelha significaria que a reacção de carbonatação já tinha tido início mas que ainda não estaria terminada (Teutónico, 1988).

A fenolftaleína sendo um indicador ácido-base tem uma reacção corada para além do intervalo de 8,2 a 9,8.

2.6.3.2. Reacção com o ácido clorídrico

Este método, descrito por Teutónico (1988), constitui um método expedito para avaliar a presença de carbonatos e em especial da calcite.

Nas superfícies das argamassas, *in loco* foram adicionadas uma ou duas gotas em diferentes locais da superfície dos muros (e solos). Para cada local foi considerada a intensidade da efervescência observada à vista desarmada, de fraca a forte. Foi também

avaliada a extensão da superfície em que se verificava, ou não, a efervescência: “local” ou “geral”, se verificada em toda a superfície. Quando não se observou reacção à vista desarmada foram recolhidas pequenas porções distintas de diferentes locais para observação à lupa binocular em laboratório.

Os resultados observados foram registados de acordo com a seguinte escala:

- 0 - ausente
- 1 - fraca à lupa
- 2 - forte à lupa
- 3 - fraca geral ou média local
- 4 - forte local ou média geral
- 5 - forte, geral

O teste com o ácido clorídrico foi também realizado em laboratório sobre as amostras colhidas. Cada amostra foi passada por um crivo de 63 μm , colocada numa placa de Petri, à qual se adicionou uma ou duas gotas de ácido clorídrico concentrado (37%; *p.a.*), a frio. Este procedimento foi realizado na hotte. A observação foi repetida à lupa binocular sempre que não se observou reacção à vista desarmada.

A formação de bolhas de gás (CO_2) na solução indica a presença de carbonatos (Teutónico, 1988).

Os resultados observados foram registados de acordo com a seguinte escala:

- 0 - ausente
- 1 - fraca à lupa
- 2 - forte à lupa
- 3 - fraca à vista desarmada
- 4 - média à vista desarmada
- 5 - forte à vista desarmada

2.6.4. Análises químicas por espectroscopia de emissão com plasma indutivo (ICP-AES)

Estas análises foram realizadas em extractos aquosos obtidos a partir da mistura de 5 g de amostra com 100 ml de água desionizada. Esta mistura foi deixada em repouso durante 48 h, à temperatura de 4 °C e o extracto assim obtido foi filtrado e acidificado para pH < 2 com HNO_3 a 60 %. O equipamento utilizado na quantificação foi do modelo

PU 7000 ICP (Philips).

Amostras do extracto a analisar foram introduzidas no gás de Árgon sob a forma de um aerossol, o qual é libertado no centro de uma chama de plasma. O aerossol é instantaneamente aquecido até 8000 K, volatilizando-se e dissociando-se numa mistura de átomos e iões (plasma indutivo). Estes, excitados, emitem radiações electromagnéticas ao retornarem ao seu estado fundamental. As emissões ópticas destas espécies são analisadas na extremidade da chama, onde se registam as linhas do espectro de emissão atómica. Cada uma destas linhas corresponde a uma quantidade de energia determinada, identificável pelo seu comprimento de onda. As emissões ópticas são relativamente simples devido ao facto de poucos elementos químicos serem ionizáveis abaixo do valor de ionização do Árgon, a 15,76 eV. Além disso os mecanismos de detecção são programados com antecipação para analisarem a série de picos que corresponde ao elemento químico em estudo (Riddle, 1993).

Este método tem elevada sensibilidade para a maioria dos elementos traço, requerendo, nalguns casos, técnicas de preparação prévia das amostras. Sofre pequena interferência causada pelos metais alcalinos, embora apresente algumas limitações por exemplo no que diz respeito a soluções altamente salinas.

2.6.5. Análises por difracção de Raios - X

As amostras foram crivadas num crivo metálico de 63 μm , considerando-se que a fracção assim obtida permitiria concentrar os produtos ligantes, pese o facto de estarem presentes pequenas partículas do inerte, essencialmente constituído por quartzo detrítico e micas. O material retido no crivo foi analisado à lupa sendo constituído na generalidade das amostras sobretudo por quartzo, feldspato e micas, com maior expressão para a biotite.

O material crivado foi moído manualmente num almofariz de ágata, de forma a obter difractogramas de pó, utilizando para isso um equipamento da marca *Philips*, com unidade de controlo PW1710, ampola de cobre, monocromador de grafite, fenda de divergência automática e contador Geiger proporcional. Os varrimentos foram realizados a 40 kV e 30 mA.

A identificação das fases foi feita por comparação dos difractogramas com as PDF (*Power Diffraction Files*) do ICDD (*International Centre of Diffraction Data*).

Nalgumas das amostras que evidenciaram valores de intensidade significativa em reflexões atribuíveis a minerais argilosos foram estudadas preparações orientadas, para cada uma das quais foram obtidos três difractogramas: um difractograma dito normal (N), sem qualquer tratamento adicional, um difractograma após saturação com etileno glicol em excicador e um difractograma após aquecimento em mufla a 490 °C. Estes

diffractogramas permitiram elaborar estimativas de abundância dos minerais argilosos na fracção <63 µm (estimativas obtidas pela Prof. Maria Amália Sequeira Braga, do Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho).

De modo a obter uma escala que pudesse funcionar como uma aproximação a uma estimativa da importância quantitativa da calcite e da caulinite nas amostras, os valores da intensidade dos picos considerados representativos destes minerais foram convertidos para uma escala de acordo com as reflexões de outras fases presentes:

- 0 - a fase não foi detectada com certeza;
- 1 - a fase ocorre em muito pequenas quantidades;
- 2 - a fase ocorre em pequenas quantidades;
- 3 - a fase ocorre em quantidade apreciável mas inferior à da fase predominante;
- 4 - a fase é uma das fases predominantes.

2.6.6. Quantificação da matéria orgânica

A determinação da matéria orgânica fez-se pelo método de Perda ao Rubro (*Weight Loss-On-Ignition* - LOI) (Konen *et al.*, 2002). Neste método, a perda de peso verificada é proporcional à quantidade de matéria orgânica presente numa amostra previamente desidratada (24 h, a 105 °C). O método pode ser considerado bastante rigoroso, embora a comparação e reprodutibilidade dos resultados dependam do tempo de aquecimento e do valor da temperatura utilizada (Konen *et al.*, 2002). Podem ainda ocorrer algumas imprecisões em solos com elevada percentagem de ferro, por combinação deste com o oxigénio para formação de óxidos, crescendo, assim, o peso da fracção mineral (Costa, 1999).

O fundo dos cadinhos utilizados (aço ou porcelana) foi coberto com uma camada de amostra com cerca de 1 cm de espessura. Os cadinhos foram depois a secar numa estufa a 105 °C durante 24 h. Após arrefecimento em excicador foram pesados em balança analítica (H54AR, Mettler) tendo-se determinado o peso seco.

Seguidamente foram introduzidas numa mufla (Heraeus Thermicon T) previamente aquecida a 400 °C, pelo período de 1 h. Os carbonatos permanecem estáveis a esta temperatura. Os cadinhos foram depois removidos para um excicador com sílica gel e deixados arrefecer até à temperatura ambiente. Determinou-se o Peso das cinzas.

A perda de massa observada, LOI, em percentagem, foi calculada recorrendo à equação:

$$\text{LOI} = (\text{Peso seco} - \text{Peso das cinzas}) / \text{Peso seco} \times 100$$

2.6.7. Determinação do pH

Para a medição do pH foi preparado um extracto aquoso, baseado nas recomendações de Shirakawa (2003). Assim, utilizou-se a proporção de 1 g de argamassa para 10 ml de água desionizada.

A medição do pH foi levada a cabo com um eléctrodo *Crison micro pH 2002*, à temperatura de 22 °C. O eléctrodo foi calibrado a cada 6 leituras. A medição do pH foi realizada num período de tempo compreendido entre 30 e 60 minutos após a adição da água destilada. Para que não fosse ultrapassado este período de tempo as soluções foram preparadas para grupos com 6 amostras de cada vez. O pH das soluções foi novamente medido ao fim de 48 horas (seguindo o método de Shirakawa, 2003).

Foram tidas em consideração as recomendações da *IUPAC* (2002) (Buck *et al.*, 2002) e as expostas por Räsänen e Penttala (2004) de modo a minimizar os erros na medição do pH.

2.7. Metodologias para análise de plantas dos muros

2.7.1. Crescimento e morfologia

2.7.1.1. Análises biométricas das plantas

Nos vários locais de amostragem onde se verificaram presenças procedeu-se a um conjunto de medições relacionadas com o crescimento global dos indivíduos, de modo a obter uma medida da “qualidade” do local. Sabendo que podemos ter plantas de idades diferentes num mesmo local, que podem ser colhidas esporadicamente e que podem ter novos rebentamentos ao longo da estação favorável, bem como ao longo dos anos, a partir da zona proximal do caule que fica protegida nos encaixes dos muros, houve necessidade de encontrar medidas que fossem integradoras dos vários ciclos de crescimento. Considerou-se, assim, que o **diâmetro do caule** na zona mais proximal amostrável (junto à superfície do muro) constituiria uma variável rigorosa. Para cada local foram ainda efectuadas medições da **altura do caule** dos maiores indivíduos e da **área foliar média** das maiores folhas.

O diâmetro do caule foi medido com a precisão do milímetro com o auxílio duma craveira (marca). Para a determinação da área das folhas de um modo não destrutivo procedeu-se previamente, a partir dum conjunto de folhas representativas, à determinação da equação de regressão do produto do comprimento pela largura máxima (CxL) das folhas sobre a respectiva área foliar (A_f) medida pelo método do enquadramento. A partir da equação empírica e das medidas de C e L efectuadas *in loco* calcularam-se as área foliares de 3-5 plantas por local.

2.7.1.2. Área foliar específica

A área foliar específica (SLA) refere-se à quantidade de área foliar por unidade de massa foliar (Lambers *et al.*, 1998), representando, portanto, uma medida da “espessura” ou “densidade” do mesófilo. Representa-se formalmente pela relação:

$$\text{SLA} = \text{área foliar} / \text{peso seco correspondente (cm}^2\text{.g}^{-1}\text{)}$$

Por ser uma variável independente da área foliar, SLA permite estabelecer comparações entre diferentes folhas, entre diferentes plantas (Garnier *et al.*, 2001), e entre plantas em condições microclimáticas diferentes.

Para determinar SLA foram colhidas as primeiras folhas completamente expandidas de plantas adultas. As plantas foram colhidas entre as 8 e as 9 h da manhã de modo a minimizar o efeito da transpiração, e transportadas para o laboratório (no espaço máximo de meia hora), em sacos plásticos herméticos, em mala térmica refrigerada para evitar deformações causadas pela desidratação. Estas folhas correspondiam a folhas do 3º nó, raramente do 4º.

Foram retirados 4-8 discos com o auxílio de um furador de diâmetro conhecido e colocados a secar, até peso constante, em estufa a 60 °C.

2.7.2. Teor hídrico relativo foliar

O teor hídrico relativo ou teor relativo em água (RWC) é a razão entre a quantidade de água livre existente nas folhas e a quantidade máxima de água suportável pelo mesmo tecido, sendo uma medida do grau de hidratação dos tecidos [44]. Representa-se formalmente pela relação:

$$\text{RWC (\%)} = (\text{peso fresco} - \text{peso seco}) / (\text{peso túrgido} - \text{peso seco}) \times 100$$

As folhas seleccionadas foram as mesmas que as referidas no ponto anterior. À chegada ao laboratório efectuou-se imediatamente a pesagem de discos foliares em balança analítica (H54AR, Mettler) para obtenção do peso fresco (p.f.). Foram excisados 4-8 discos ($\phi = 7$ mm) por folha, evitando as nervuras principais, num total de 3-6 folhas por local. Após 24 h de imersão em água destilada, às escuras e à temperatura ambiente (± 22 °C), retirou-se o excesso de água da superfície dos discos com papel absorvente e determinou-se o peso túrgido (p.t.). Os discos foram posteriormente secos em estufa a 60 °C, até peso constante. Após arrefecimento em excicador, o peso seco (p.s.) foi determinado.

2.7.3. Análise estomática

A partir do par das folhas amostradas para SLA, ou de folhas de desenvolvimento equivalente, determinou-se a **densidade estomática** média da página abaxial ($D = n^{\circ}$ estomas/ mm^2) e as **dimensões** médias destes estomas (Comprimento e Largura). Foram amostradas 3 folhas por local e estimados os valores médios e respectivos desvios-padrão por contagem do número de estomas em 3 campos de microscópio e através da medição do C e L de 8 estomas. A escala da ocular foi calibrada com o auxílio de régua micrométrica.

Para efeitos de comparação com outras variáveis calculou-se a partir destes valores de densidade e dimensões micrométricas: a área média dos estomas ($A_e = C \times L$, unidades de μm^2) e a área estomática total ($A_t = D \times A_e$, mesmas unidades)

2.8. Estabelecimento de culturas *in vitro* de *Trachelium caeruleum* L.

2.8.1. Recolha, limpeza e desinfecção de sementes

As inflorescências foram colhidas a partir de plantas espontâneas crescidas em muros e edifícios antigos da cidade de Braga. Foram realizadas duas campanhas independentes (Verões de 2005 e 2006) e recolhidas inflorescências em 2 estágios de desenvolvimento diferentes (num total de 4 lotes de sementes).

No laboratório as flores foram agitadas vigorosamente e as sementes que se soltaram das cápsulas foram recolhidas. Posteriormente estas foram triadas à lupa para limpeza de material estranho (pequenos organismos, restos de material vegetal, sementes malformadas e outras impurezas). Os vários lotes de sementes foram armazenados em sacos de papel pardo, à temperatura ambiente e ao abrigo da luz.

Para os ensaios *in vitro*, as sementes foram sujeitas a uma esterilização superficial por imersão em etanol a 70 % (v/v) durante 2 min. seguida de imersão numa solução filtrada de hipoclorito de cálcio 10 % (p/v) durante 10 min., posteriormente foram lavadas em várias passagens de água desionizada estéril.

2.8.2. Condições de assepsia: preparação de meios de cultura e manipulação de material vegetal

Os meios de cultura preparados em bancada a partir de soluções *stock* conservadas no frio, bem como o material de vidro e a água, foram esterilizados por calor húmido, em autoclave a 121 °C, durante 20 min.

A manipulação de sementes após desinfecção e a preparação de explantes a partir de plântulas crescidas *in vitro* foi efectuada em câmara de fluxo laminar previamente esterilizada por UV durante, pelo menos, 15 min. O material de dissecação utilizado

durante estas operações era frequentemente flamejado e arrefecido em água estéril. Este material era previamente esterilizado por calor seco, em estufa a 180 °C, pelo menos durante 4 h.

2.8.3. Germinação de sementes

As sementes foram colocadas a germinar em frascos de cultura com meio basal Murashige e Shoog (MS) (1962), suplementado com sacarose 2 % (p/v) e agar 0,8 % (p/v).

Foram testados 2 lotes de sementes, referentes a dois estágios de desenvolvimento diferentes – sementes claras, menos maduras e sementes castanhas, mais maduras – e 4 métodos/meios de germinação:

MS – Inoculação directa em meio MS sem pré-tratamento das sementes

MS Frio – Inoculação em meio MS após tratamento pelo frio (4 °C, durante a noite)

MS GA₃ – Inoculação em meio MS suplementado com GA₃ 0,5 mg/L., sem pré-tratamento

MS Frio GA₃ – Inoculação em meio MS suplementado com GA₃ 0,5 mg/L após tratamento pelo frio (4 °C, durante a noite).

O lote de sementes castanhas foi inoculado novamente após 12 meses de armazenamento para se avaliar a sua viabilidade. Foram usados 7 frascos com 20-30 sementes em cada um.



Fig. 2.8.1 - Sementes de *Trachelium caeruleum* observadas à lupa, sobre papel milimétrico (fotografia do autor).

2.8.4. Micropropagação por segmentos nodais

Para o estabelecimento de culturas de rebentos caulinares em meio sólido MS foram testadas 2 condições hormonais:

MS₀ – Meio basal MS sem fitorreguladores

MS₁ – Meio basal MS com IAA 1,5 mg/L + KIN 0,5 mg/L

A partir de plântulas com 3 meses obtidas por germinação *in vitro*, prepararam-se segmentos caulinares nodais com cerca de 1-1,5 cm, aos quais se retiraram as folhas, e inocularam-se aleatoriamente pelas 2 combinações. Utilizou-se um total de 10-18 frascos por combinação, cada um com 2-3 segmentos nodais.

2.8.5. Condições de crescimento das culturas

Todas as culturas *in vitro* foram mantidas em sala climatizada, a uma temperatura constante de 24 °C e sob um regime de luz de 16 h de fotoperíodo de 30-40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de densidade de fluxo fotónico (luz fria, Fluora).

2.9. Análise estatística

As diferenças entre valores médios obtidos, para as diferentes variáveis paramétricas estudadas nas argamassas, entre locais com “presenças”(locais P) e os locais com “ausências” (locais A) foram analisadas pelo teste de Análise de Variâncias (*one-way ANOVA*). De modo a exprimir os resultados obtidos utilizou-se a notação de * para diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) e **ns** para diferenças não significativas.

Diferenças entre valores médios de algumas variáveis estudadas nas plantas – área foliar específica e teor hídrico relativo - foram avaliadas por Análise de Variâncias (*one-way ANOVA*), tendo-se posteriormente procedido a comparações múltiplas através do teste **post-hoc Tukey**. A notação seguida, neste caso em que se tem múltiplos valores médios, foi a das **letras** associadas a cada valor médio: valores com a mesma letra não são significativamente diferentes, valores com letras diferentes entre si são significativamente diferentes ($p > 0,5$). Neste caso, por questões de ordem prática, o nível de significância do modelo não foi anotado.

A avaliação de possíveis correlações entre variáveis (quer abióticas, quer das plantas) foi analisada recorrendo à regressão linear e não-linear a partir de todas as observações e não apenas de valores médios. O nível de significância de cada modelo foi determinado por comparação do respectivo “coeficiente de correlação” (r) com os valores tabelados (Tabela de Coeficientes de Correlação de Pearson ou Product-Moment). O número de graus de liberdade (d.f.) considerado foi igual ao número total de observações (n) menos

o nº de parâmetros estimado pelo modelo em questão. Para cada **equação** mostram-se ainda o “**coeficiente de determinação**” (r^2) calculado e o nível de significância alcançado: $p < 0,001$ (muito altamente significativo), $p < 0,01$ (altamente significativo), $p < 0,05$ (significativo) ou ns ($p > 0,5$).

Todos estes testes anteriores foram realizados com auxílio do *pack* de análise estatística do Excel (vs X, Microsoft) e do Prism vs 4.0 (GraphPad, Software, Inc.).

A ordenação dos locais amostrados num espaço euclidiano definido por variáveis sintéticas independentes (também designadas por “componentes”) e determinadas pelos principais factores do meio foi realizada por **Análise de Componentes Principais** (PCA). Para esta análise foram utilizadas: i) as variáveis abióticas (quer referentes às argamassas, quer as microclimáticas) que se revelaram mais importantes para separar locais P de locais A, numa abordagem preliminar; ii) que apresentassem valores dentro das gamas de detecção linear dos aparelhos (para evitar o aparecimento de “*missing values*”); e iii) que apesar de correlacionadas não fossem redundantes. De modo a estabilizar o impacto de “*outliers*” observados nalgumas variáveis, no modelo, as variáveis contínuas foram transformadas pela função *log* (sugerida pelo próprio software) para manter a mesma métrica entre variáveis. O número de componentes seleccionadas para a construção dos “diagramas de dispersão” dos locais (designados por *scores plots* no programa SIMCA-P) e dos “diagramas de correlação” das variáveis dependentes (designados por *loadings plots* no programa SIMCA-P) com as respectivas componentes, teve como base os seguintes critérios: o modelo explicar no mínimo 75 % da variabilidade total ($r^2 > 0,75$), mas não ultrapassar o número de 3 de modo a não sobrecarregar a apresentação gráfica e a análise dos dados.

Estas análises foram realizadas recorrendo aos programas SIMCA-P vs 11.0 (Umetrics AB) e R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Algumas espécies rupícolas e de insectos (Lepidoptera) presentes no local de estudo

3.1.1. Plantas colonizadoras dos muros em Braga

A colonização de muros, pelos condicionamentos que tal habitat impõe, está limitada a plantas com adaptações especiais para superar esses condicionamentos. Por exemplo, alguns fetos possuem raízes muito superficiais, que emergem de rizomas, que lhes permitem colonizar habitats bastante desprovidos de substrato terroso. A raiz de *Trachelium caeruleum* desenvolve-se quase sempre para o interior dos muros, embora quando o espaço disponível é aí pouco o colo possa alargar, formando uma espécie de disco no exterior, permitindo à planta acumular aí a maior parte das suas reservas.

A riqueza em cálcio limita a colonização de muitos muros a espécies calcícolas, ou indiferentes.

Como os solos do Minho são em geral ácidos (ver fig. 2.1.8) as plantas que ocorrem nesses muros são em geral plantas calcícolas ou indiferentes em relação ao cálcio, de outras regiões que aqui se conseguiram naturalizar, tendo atingido a região pelos seus próprios meios, sem intervenção humana, com mecanismos de dispersão à distância eficazes, ou tendo sido introduzidas propositada ou inadvertidamente por acção antrópica.

Entre as espécies produtoras de flor – Angiospérmicas - mais comuns nos muros antigos de Braga, rupícolas, específicas ou não, foram observadas e fotografadas.

Em muros com argamassas com cal ou cimento:

Trachelium caeruleum L. **subsp. caeruleum** (Flor de viúvas, vievas, viuvinhas)
Erigeron karvinskianus DC. (Vitadínia-das-floristas, intrometidas, floricos, margacinhas), ***Cymbalaria muralis*** P. Gaertn., B. Mey. & Schreb., Ruínas, ***Conyza canadensis*** (L.) Cronquist, (Avoadinha-do-Canadá, avoadinha) ***Moehringia pentandra*** Gay., ***Parietaria judaica*** L. (= *Parietaria punctata* Willd.), (alfavaca-de-cobra), ***Phagnalon saxatile*** (L.) Cass. (Alecrim-das-paredes), já menos abundantemente ***Sonchus oleraceus*** L.; (Serralha, serralha-branca, serralha-macia, serralha-mansa, leitugas, leitarugas) e ***Centranthus ruber*** (L.) DC. **subsp. Ruber** (Alfinetes, boliana, cuidado-dos-homens, valeriana-vermecha ou rosa-da-rocha), além de hera - ***Hedera helix*** L. e algumas espécies de fetos, e de outras plantas de menor porte ou menos representadas.

Conyza canadensis (L.) Cronq. e ***Erigeron karvinskianus*** DC. são espécies que integram o anexo I – espécies invasoras introduzidas - do Decreto-lei nº 565/99 de 21 de Dezembro, o qual regula a introdução de espécies em Portugal. Neste decreto por espécie invasora entende-se aquela que pelos seus próprios meios representa um elevado risco ecológico, pela sua capacidade de ocupar o território de uma forma excessiva, com prejuízo para as espécies nativas e portanto para os ecossistemas locais. Assim é interdito o seu cultivo, detenção em local confinado ou utilização como espécie ornamental. Esta medida diz bem do elevado potencial negativo de espécies exóticas como ***Conyza canadensis*** (L.) Cronq. que cresce tanto em solos ácidos como neutros ou alcalinos. Nos muros esta espécie é no entanto relativamente escassa. O mesmo não se passa com ***Erigeron karvinskianus*** DC., dominante nalguns muros, bem delimitados, denotando necessidades ecológicas mais restritas (ver fig.3.1.1).

As espécies acima descriminadas nem sempre coexistem, ou fazem-no em proporções muito diferentes, de acordo com as particularidades de cada muro e de cada uma destas plantas. Por vezes as condições locais parecem ser particularmente favoráveis a uma destas espécies.

Por exemplo encontram-se muros em que a espécie predominante é ***Erigeron karvinskianus*** (Fig. 3.1.1) é, com índices de recobrimento da superfície médio, com hábitos de sociabilidade – tendência para a ocorrência de indivíduos da mesma espécie juntos - traduzida em grupos ou manchas medianos. Esses podem ser muros com argamassas de elevado grau de dureza, outras vezes racheados (Casella, 2003), Nestes muros ***Trachelium caeruleum*** está ausente.



Fig. 3.1.1 - Fotografia de muro de Braga, racheado, colonizado por *Erigeron karvinskianus* (fotografia do autor, 2006).

Centranthus ruber (Fig. 3.1.2) quase ausente da zona do centro histórico da cidade sendo comum em Braga apenas na zona do Bom – Jesus, onde interessantemente tem tendência a substituir ***Trachelium caeruleum*** nas áreas mais frias/ensombradas/húmidas. Forma colónias importantes também em cidades do Noroeste de Portugal como Valença e Caminha, em nichos aparentemente semelhantes ao que *Trachelium caeruleum* pareceria poder ocupar se estivesse representado.



Fig. 3.1.2 - Fotografia de *Centranthus ruber*, num muro em Caminha (fotografia do autor, 2006). Em certos muros, pobres em cálcio, crescem ainda silvas - ***Rubus fruticosus* L.**, hera - ***Hedera helix* L.**, fetos de várias espécies e outras plantas de menor porte (Fig. 3.1.3) como ***Umbilicus rupestris*** (Salisb.) Dandy (Umbigo-de-vénus) para além de outras menos representadas.

Umbilicus rupestris prefere muros rurais de pedra tosca e terra argilosa, embora não exclusivamente. Nestes muros *Trachelium caeruleum* está ausente.



Fig. 3.1.3 - Fotografia de *Umbilicus rupestris* num muro de suporte de terras (fotografia do autor, 2006).

Estas espécies podem por vezes coexistir, em muros em que há uma clara heterogeneidade na distribuição de materiais, existindo por exemplo um cume de natureza argilosa, num muro com aparelho de pedra e argamassas alcalinas.

Trachelium caeruleum é frequentemente a espécie que mais se destaca em Braga, durante o Verão, nos muros onde ocorre, pelas suas dimensões, cor e índice de abundância e recobrimento da superfície dos muros nos locais mais favoráveis. Forma com frequência manchas ou povoamentos médios a importantes, embora ocorra também em pequenos grupos.



Fig. 3.1.4 – Fotografia de *Trachelium caeruleum* durante a floração (fotografia do autor, 2006).

3.1.2. Observação de lepidópteros em locais colonizados por *Trachelium caeruleum*

A floração de *Trachelium caeruleum* ocorre em Braga a partir do final de Abril, com início nos locais mais soalheiros, podendo ter mais de cinco semanas de atraso nos locais mais sombrios. Algumas inflorescências coloridas são ainda visíveis, em locais mais protegidos, em final de Outubro, ou até mais tarde, em função do clima.

De acordo com Armitage (1990), em condições controladas, em estufa, a planta requer um dia longo com pelo menos 14 h para que se inicie a floração mas é neutra quanto à continuação da floração.

A polinização de *Trachelium caeruleum* é entomófila. As suas flores são muito atractivas para numerosas espécies de borboletas [9] (polinização psicófila), mais raramente por outros insectos como abelhas.

Foram fotografadas em Braga e posteriormente identificadas a partir das fotografias por Ernestino Maravalhas, as espécies de borboletas referidas na Tabela 3.1.1, e visíveis

nas figuras 3.1.5, 3.1.6, 3.1.7.

Tabela 3.1.1 - Espécies de lepidópteros que visitam *Trachelium caeruleum* em Braga.

Nome específico	Migradora	Local	Datas de observação
<i>Pieris rapae</i>		Rua do Regimento de Infantaria	12-08-2006
<i>Colias croceus</i>	sim	Rua do Regimento de Infantaria	03-06-2006
<i>Argynnis pandora</i>	sim	Rua do Taxa	02-06-2006 26-06-2006 28-06-2006 12-08-2006
<i>Argynnis pandora</i>		Quinta do Liceu Sá de Miranda	28-06-2006
<i>Argynnis pandora</i>		Rio Este	19-06-2006
<i>Vanessa cardui</i>	sim	Rua do Regimento de Infantaria	03-06-2006 15-06-2006
<i>Autographa gamma</i>	sim	Rua do Regimento de Infantaria	03-06-2006 13-06-2006

De entre estas cinco espécies observadas *Argynnis pandora* foi a mais frequente e com maior distribuição temporal.

Destes lepidópteros todas as espécies são “diurnas” (Ropalóceros), excepto *Autographa gamma* que é uma espécie “nocturna” (Heteróceros) mas que também voa de dia (Maravalhas, 2003).



Fig. 3.1.5 – Flor de *Trachelium caeruleum* com *Pieris rapae* (fotografia do autor, 2006).



Fig. 3.1.6 – Flor de *Trachelium caeruleum* com *Vanessa cardui* (fotografia do autor, 2006).

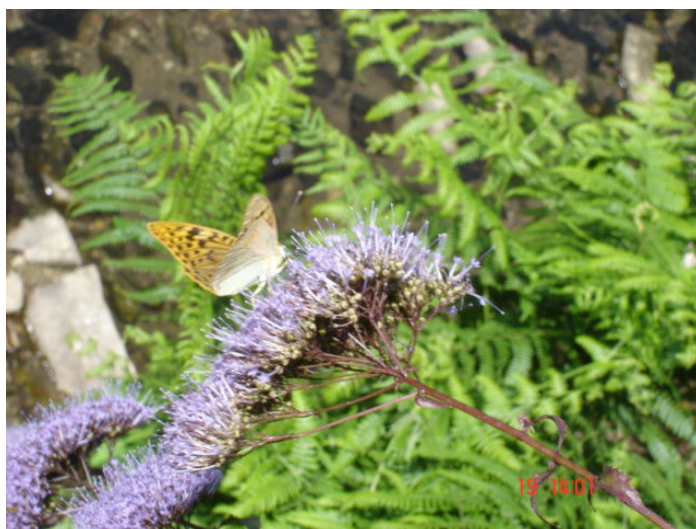


Fig. 3.1.7 – Inflorescência de *Trachelium caeruleum* com *Argynnis pandora* (fotografia do autor, 2006).

Assim as borboletas deverão desempenhar um importante papel na polinização desta espécie, contribuindo esta para a alimentação de diferentes espécies destes insectos desde o fim da Primavera até ao final do Verão e mais além, nos dias quentes do Outono.

3.2. Referências geográficas dos locais amostrados

As amostras foram colhidas, de acordo com o plano de amostragem (ponto 2.3.) em diferentes locais da zona do centro histórico de Braga e noutros muros antigos de zonas envolventes pertencentes a freguesias urbanas da cidade (amostras 1 a 34). Foram ainda colhidas amostras em freguesias rurais, Semelhe (amostras 37 e 38) e Tibães (amostras 35 a 42).

Os dados geográficos referentes aos locais amostrados encontram-se descritos na Tabela 3.1.2 Nesta tabela as células com fundo branco correspondem a amostras de muros colonizados (*presenças*); as células com fundo amarelo correspondem a amostras de muros não colonizados (*ausências*). Esta notação será mantida para as tabelas seguintes.

Resultados e Discussão

Tabela 3.2.1 – Georreferenciação dos locais amostrados: nº do local (ver posição na figura 2.3.2) orientação (direcção perpendicular à superfície no sentido de exposição); designação do local; coordenadas geográficas (latitude e longitude) e altitude. As células com fundo branco correspondem a amostras de muros colonizados (*presenças*); as células com fundo cinzento correspondem a amostras de muros não colonizados (*ausências*). Esta notação é mantida para as tabelas seguintes.

LOCAL		Designação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Nº	Orientação				
1	NNW	Quinta do Sá de Miranda	41°33'20.01"N	8°25'5.09"W	222
2	NNW	Quinta do Sá de Miranda	41°33'20.05"N	8°25'4.75"W	222
3	NNW	Cemitério	41°33'32.95"N	8°24'43.00"W	205
4	NNW	Cemitério	41°33'35.06"N	8°24'43.28"W	206
5	NNW	Cemitério	41°33'34.23"N	8°24'44.03"W	206
6	NNW	Paço medieval	41°33'5.00"N	8°25'36.81"W	189
7	NNW	Paço medieval	41°33'5.08"N	8°25'36.69"W	189
8	NNW	Paço medieval	41°33'4.82"N	8°25'36.46"W	189
9	W	Paço – Pátio interior	41°33'2.82"N	8°25'36.94"W	191
10	W	Paço - Pátio interior	41°33'3.14"N	8°25'37.02"W	191
11	S	Paço - Pátio interior	41°33'2.84"N	8°25'37.92"W	190
12	N	Paço - Pátio interior	41°33'2.24"N	8°25'37.73"W	191
13	NNW	Paço - interior	41°33'2.29"N	8°25'37.43"W	191
14	S	Cooperativa Agrícola	41°32'58.22"N	8°25'44.08"W	187
15	NNE	Cooperativa Agrícola	41°32'58.05"N	8°25'44.17"W	187
16	N	Cooperativa Agrícola	41°32'58.08"N	8°25'43.89"W	187
17	NNW	Rio Este	41°32'47.20"N	8°24'43.55"W	174
18	NW	Rua de S. Paulo	41°32'52.55"N	8°25'40.22"W	191
19	WNW	Rua Infantaria	41°33'31.19"N	8°25'1.35"W	208
20	S	Colégio Teresiano	41°33'23.63"N	8°24'39.07"W	193
21	N	Colégio Teresiano	41°33'23.68"N	8°24'39.27"W	194
22	NNW	Auto-estrada	41°31'2.18"N	8°26'46.36"W	135
23	ESE	Paíol	41°32'57.68"N	8°26'43.81"W	113
24	E	Paíol	41°32'57.97"N	8°26'43.82"W	112
25	E	Paíol	41°32'58.22"N	8°26'43.89"W	113
26	NE	Paíol	41°32'58.97"N	8°26'44.45"W	115
27	WNW	Saída Barcelos	41°32'8.78"N	8°26'22.25"W	146
28	SW	R. Matadouro	41°32'51.30"N	8°25'47.33"W	190
29	S	Montariol	41°34'10.90"N	8°24'43.15"W	227
30	WSW	Montariol	41°34'11.05"N	8°24'42.97"W	229
31	NE	Francisco Sanches	41°33'11.35"N	8°24'43.01"W	187
32	SW	Francisco Sanches	41°33'12.46"N	8°24'44.00"W	189
33	NE	Rua do Taxa	41°33'21.61"N	8°24'44.41"W	196
34	NW	R. Areal de Cima	41°33'57.99"N	8°24'40.87"W	215
35	S	Cerca de Tibães	41°33'23.88"N	8°28'49.93"W	107
36	S	Cerca de Tibães	41°33'23.90"N	8°28'49.58"W	107
37	E	Cerca de Tibães	41°33'21.98"N	8°28'50.49"W	111
38	E	Cerca de Tibães	41°33'20.44"N	8°28'50.55"W	118
41	WNW	Semelhe – Rua da Mata	41°33'1.00"N	8°28'4.50"W	177
42	NW	Semelhe – Rua do Assento	41°32'34.43"N	8°27'31.26"W	138

Nota: Latitude e longitude obtidas a partir de [http:// earth google.com](http://earth.google.com)

3.3. Características das estruturas de suporte

A Tabela 3.3.1 indica algumas das características estruturais dos muros amostrados.

Tabela 3.3.1 Algumas características estruturais dos muros amostrados. Terra atrás: 0 = não; 1 = sim. Fiadas: 1 = uma única fiada; 2 = duas ou mais fiadas.

Local	Terra atrás	Fiadas	Altura máxima (m)	Espessura (m)
1	0	2	3,5	0,45
2	0	2	3,5	0,45
3	0	2	3	0,5
4	0	2	3	0,5
5	0	2	1,5	0,5
6	0	2	11	≥ 0,5
7	0	2	11	≥ 0,5
8	0	2	11	≥ 0,5
9	0	2	3 (nicho)	≥ 0,5
10	0	2	12	≥ 0,5
11	0	-	no solo	1
12	0	-	no solo	1
13	0	2	6	0,4
14	0	2	1,5 (face int.)/ 3,5 (face ext.)	0,5
15	0	2	0,9 (face int.)/ 1,7 (face ext.)	0,5
16	0	2	0,9	0,5
17	1	2	3	0,4
18	0	1	3,5	0,3
19	1	2	3	0,3
20	0	2	1,2	0,3
21	1	2	2	0,3
22	0	-	6 (talude inclinado)	-
23	1	2	2	0,3
24	1	2	2,5	0,3
25	1	2	2,5	0,3
26	0	2	3	0,7
27	0	2	0,9	0,45
28	1	2	3	0,5
29	Até 2,5 m	2	5,5	0,6
30	1	2	1,8	0,4
31	1	2	3	0,45
32	0	2	2,5	0,45
33	0	2	2,5	0,3
34	1	2	2,5	0,5
35	0	2	1,8	0,5
36	0	2	1,8	0,5
37	0	2	2,8	0,5
38	0	2	2,8	0,5
41	0	2	3	0,5
42	Até 2 m	2	3	0,5

3.4. Nível de ensombramento dos locais amostrados

A Tabela 3.4.1 indica os valores de ensombramento obtidos de acordo com o procedimento descrito em 2.3.1. Estes resultados mostram uma grande dispersão (Fig. 3.4.1), quer no conjunto dos muros colonizados, quer no conjunto dos muros em que não foi identificada a presença da planta. Todavia, deve salientar-se que as ocorrências da planta estão limitadas a locais com níveis de ensombramento correspondentes a valores iguais ou superiores a 2 na escala utilizada, abrangendo assim um intervalo que

Resultados e Discussão

corresponde a situações muito diferentes, desde um ensombramento elevado por orientação a N e cobertura superior por copas de árvores, até exposições solares de muitas horas diárias, em pleno Verão.

Tabela 3.4.1 - Valor de ensombramento e origem da sombra nos locais e amostragem. P = sombra parcial; T = sombra total (o local não recebe luz solar directa da direcção assinalada na coluna "Sombra de").

Local	Ensombramento	Sombra causada por	Sombra de	Tipo de Sombra (Total/Parcial)
1	6	Árvores	W, cima	T
2	6	Árvores	W, cima	T
3	5	Muro	W	P
4	4,5			
5	4,5			
6	4,5			
7	4,5			
8	5	Edifício	E	T
9	4,5	Nicho	S,SW, cima	P
10	3			
11	4,5	Vegetação, casas	S / W / E	T/T/P
12	5	Casas	W	T
13	5	Árvores	E	T
14	2,5	Árvore	S(SSW)	T
15	4,5			
16	5			
17	4,5			
18	4,5	Árvores	E	P
19	3,5			
20	5	Arbustos	E,S,W	T
21	5			
22	4,5			
23	2,5			
24	3			
25	3			
26	4,5	Árvores	ESE	T
27	3,5			
28	2			
29	2,5	Árvores	S(SSE)	T
30	3,5 / 4	Árvores, muro	SSW, WSW	P/P
31	4 / 4,5	Muro	E,SE	T
32	2			
33	4			
34	4			
35	1			
36	1			
37	3			
38	3			
41	4	Árvores		
42	4,5	Árvores		

Os valores de ensombramento de cada local são representados na Figura 3.4.1, distinguindo-se entre os locais com presença da planta e os locais com ausência da planta. Este gráfico mostra que as presenças da espécie ocorrem desde valores de ensombramento muito elevados – 6 – até valores de ensombramento de 2.

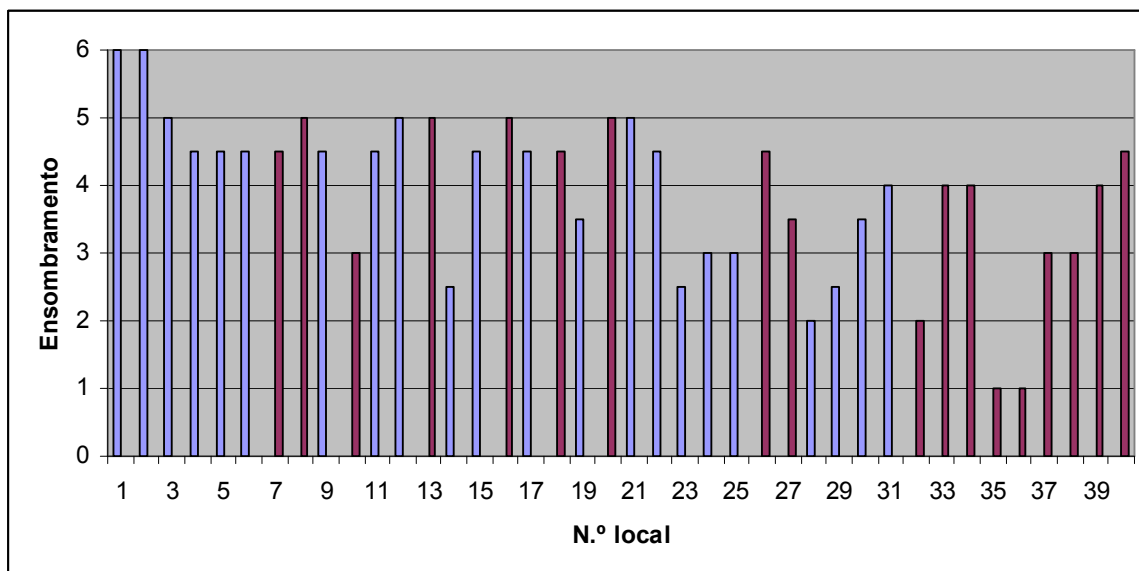


Fig. 3.4.1 - Relação entre presenças (a azul) e ausências (a rosa) e o ensombramento.

3.5. Caracterização das argamassas

3.5.1. Dureza superficial

Na Tabela 3.5.1. estão indicados os resultados dos ensaios de dureza de superfície determinada para as argamassas (e outros substratos) de acordo com a escala de 1 (menos duro) a 6 (mais duro) apresentada na secção 2.6.1. Nas superfícies dos muros foram encontradas por vezes argamassas de diferente dureza. Quando assim foi foram assinaladas a maior e a menor dureza superficial encontradas.

A dureza foi também determinada à profundidade de 5 a 10 cm, aquela a que foram colhidas a generalidade das amostras. No caso de argamassas muito duras (grau 5 ou 6), sem fendas nem orifícios, em que não foi viável arrancar porções suficientes para atingir a profundidade pretendida, foi registada a dureza superficial da argamassa exterior, a qual foi também a argamassa amostrada para as análises laboratoriais.

A tabela regista também a menor dureza acessível à planta a partir do exterior, isto é, a partir da superfície. O valor encontrado coincide geralmente com o valor da menor dureza à superfície. No entanto, nalguns casos, surgem orifícios na argamassa exposta à superfície que permitem o acesso à argamassa interior de menor dureza (ex. local 17), ou a argamassa exterior desprende-se e dela restam apenas indícios (local 15).

Resultados e Discussão

Pela análise da tabela 3.5.1 verifica-se que, enquanto os locais de “ausências” (designados ulteriormente por locais A) apresentam durezas que percorrem toda a escala (1-6), os locais com “presenças” (ou locais P) apresentaram, em geral, dureza 1, com excepção dos locais 4 e 27 que apresentam dureza 2.

Tabela 3.5.1 - Estimativas de dureza superficial. Branco: presenças; cinzento: ausências; Laranja: material colhido para análises. n.d.: não determinado

Local	Exterior	Interior	Menor dureza acessível
1	3 / 1	1	1
2	3 / 1	1	1
3	2	1	1
4	2	2	2
5	2	2	2
6	6	1	1
7	6	n.d.	6
8	6	n.d.	6
9	4 / 1	1	1
10	6	5	5
11	1	1	1
12	1	1	1
13	3	3	3
14	1	1	1
15	-	1	1
16	3	3	3
17	5	1	1
18	6	3	3
19	2	1	1
20	5	n.d.	5
21	2	1	1
22	1	1	1
23	6	1	1
24	6	1	1
25	1	1	1
26	1	1	1
27	5 / 2	2	2
28	6	2	2
29	5	1	1
30	2	1	1
31	3	1	1
32	2	2	2
33	6	1	1
34	1	1	1
35	1	1	1
36	6	n.d.	6
37	1	1	1
38	5 / 1	1	1
41	1	1	1
42	1	1	1

Tendo em consideração que, para um mesmo material a dureza varia na razão inversa da porosidade (Rassinaux *et al.* 1989), e que uma elevada porosidade permite um rápido desenvolvimento de organismos colonizadores (Guillitte e Drusen, 1995, *in* Miller *et al.*, 2006), provavelmente devido a um aumento na circulação de água (Miller *et al.*, 2006), os resultados sugerem que esta escala de dureza poderá contribuir para avaliar condições do meio poroso determinantes para a colonização das plantas. Contudo, no desenvolvimento deste trabalho, foi observada a presença da espécie ***Erigeron karvinskianus*** a crescer em argamassas com durezas 5-6 na cidade de Braga, que apresentavam fissuras muito pequenas. Assim, mais do que o grau de dureza da argamassa de *per se*, a capacidade de colonização de uma espécie pode depender ainda da capacidade de penetrar ou de se fixar no substrato que colonizam (facto que pode também estar) relacionada com o grau de fissuração da argamassa e com as dimensões das fissuras.

3.5.2. Teor relativo em água

A Tabela 3.5.2 indica os valores do teor relativo em água das argamassas estudadas. O teor de água máximo encontrado não atingiu 10% do peso da respectiva argamassa, na totalidade dos locais amostrados, o que decorre da secura do Verão na região e por outro ajuda a balizar o teor de água habitual nos muros colonizados na cidade. Os valores mais baixos correspondem a locais não colonizados. Os valores mais baixos dos locais colonizados correspondem a situações que são mais favoráveis do que a simples leitura da tabela pode fazer crer, devido à presença de um volume considerável de solo por trás do muro. Estes solos, com a sua capacidade de retenção de humidade, asseguram um fornecimento de água superior ao que é evidenciado pelo teor de água das argamassas situadas na proximidade da superfície dos muros, tanto mais quanto por vezes se encontram sujeitos a insolação forte durante o Verão por via da sua orientação.

A planta surge em argamassas com teores relativos de água bastante diversos, dando provas do que é uma boa capacidade de adaptação a diferentes regimes de suministro de água e porventura de uma boa regulação de défice hídrico, relacionável, entre outros, com uma boa capacidade de regulação estomática.

Resultados e Discussão

Na tabela seguinte, 3.5.2, encontram-se expressos os valores do teor relativo em água encontrados nas diferentes amostras colhidas durante o Verão (Julho/Agosto) de 2006

Tabela 3.5.2 - Teor relativo de água nas argamassas.

Amostra	Teor relativo em água da argamassa (%)
1	9,155
2	6,748
3	2,484
4	1,406
5	0,540
6	1,015
7	1,635
8	5,973
9	1,978
10	2,157
11	8,921
12	4,589
13	2,690
14	2,937
15	2,019
16	0,484
17	4,517
18	1,425
19	1,723
20	0,733
21	0,658
22	1,019
23	2,462
24	2,554
25	1,038
26	1,154
27	0,339
28	1,510
29	0,947
30	5,945
31	2,546
32	0,245
33	1,066
34	3,791
35	0,526
36	0,566
37	1,069
38	0,809
41	1,056
42	0,661
Média	3,1510
SD	2,55718
Média	1,7103
SD	1,64131
Os valores médios obtidos para a variável não são significativamente diferentes entre presenças e ausências ($p>0,05$).	

Os valores mais baixos são encontrados em amostras de locais não colonizados.

A capacidade do substrato para armazenar água, dependente de factores como a estrutura do muro ou a presença de solo na proximidade, do teor em matéria orgânica e em argila, é um factor da maior importância para todas as plantas.

A comparação dos resultados de teor relativo em água das argamassas com os resultados da dureza superficial, abaixo apresentados (Fig. 3.5.2) mostra que os maiores teores em água são encontrados nas argamassas com menor valor de dureza superficial

e que as argamassas mais duras (valor de 3 ou superior na escala utilizada) apresentam, geralmente, teores em água mais baixos, não ultrapassando os 3 %, com exceção de um local (local 8, assinalado na figura rodeado por uma circunferência), que está situado próximo do solo e que, de acordo com a Folha 70 da Carta Militar de Portugal na escala 1:25000, estará situado nas proximidades de uma linha de água.

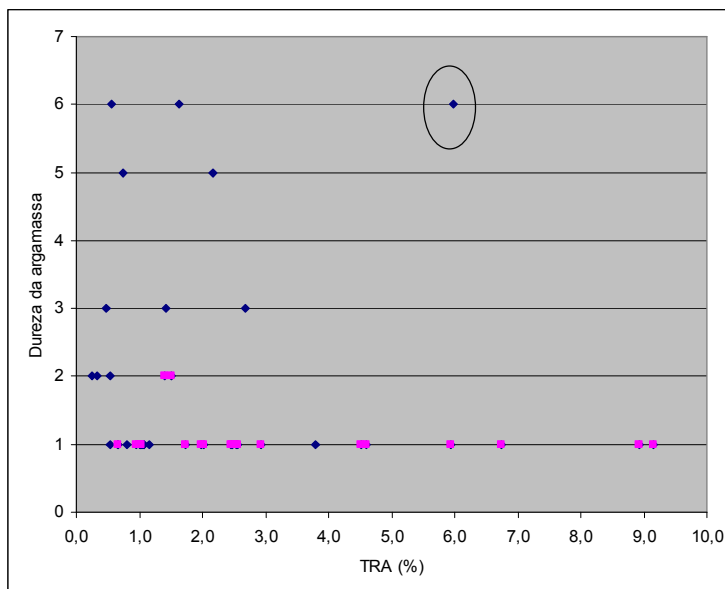


Fig. 3.5.2 - Relação entre a dureza das argamassas e o teor em água das argamassas.

3.5.3. Testes químicos qualitativos

Os resultados dos testes com ácido clorídrico apresentados na tabela 3.5.3 mostram uma grande variabilidade, sugerindo diferentes teores em carbonatos cálcicos. A comparação emparelhada entre a amostra de superfície e a amostra de profundidade revela algumas situações com diferenças extremas (que chegam a ser, num mesmo local, os dois extremos da escala). Esta comparação mostra que podem existir grandes diferenças, em termos químicos, entre locais da mesma estrutura de suporte, sugerindo que podem existir fontes de nutrientes (designadamente o cálcio) em locais que não coincidem com a zona envolvente das raízes.

Tabela 3.5.3 - Resultados da reação com o ácido clorídrico – Efervescência medida à superfície e em amostra recolhida a 5 - 10 cm de profundidade em cada local de amostragem.

LOCAL	Efervescência à superfície	Efervescência em profundidade (5-10 cm)
1	4	0
2	4	0
3	4	0
4	4	3
5	5	5
6	4	2
7	5	5
8	5	5
9	5	2
10	5	5
11	3	1
12	5	4
13	5	5
14	4	0
15	3	1
16	5	5
17	4	2
18	5	5
19	5	4
20	5	5
21	5	5
22	4	3
23	5	3
24	5	3
25	4	3
26	0	0
27	5	4
28	4	0
29	5	0
30	4	3
31	4	2
32	4	2
33	4	3
34	0	0
35	0	0
36	5	5
37	0	0
38	0	0
41	0	0
42	0	1

Em nenhuma das amostras estudadas foi observada reação colorida no teste com a fenolftaleína a 1%, o que, no caso das amostras de argamassas com cal/cimento, pode ser considerado indicativo de que o processo de carbonatação dessas argamassas estará completo. A neutralização do hidróxido de cálcio em calcite pode levar a decréscimos de pH de 12,5 para 8,3 (Shirakawa *et al.*, 2003) ao longo do tempo. As argamassas antigas estão normalmente totalmente carbonatadas [31].

Quando nos substratos analisados se encontraram agregados em partículas de cal ou

cimento, como nos solos a ausência de reacção da fenolftaleína significou por um lado a carbonatação nas referidas partículas, por outro, a ausência de carbonatos na restante matriz.

3.5.4. Análises por difracção de Raios – X

Os resultados dos difractogramas em pó na fracção <63 µm indicaram que, para além de minerais como o quartzo, minerais do grupo dos feldspatos e minerais do grupo das micas, existiam teores variáveis de, presumivelmente, caulinite e de calcite. Um exemplo de difractograma com algumas das diferentes fases presentes (nomeadamente os minerais argilosos) é apresentado na Fig. 3.5.3.

Os valores da intensidade dos picos diagnósticos principais da calcite e da caulinite foram considerados para a elaboração de uma escala baseada na estimativa da importância relativa destes minerais nas amostras (resultados apresentados na tabela x). Trata-se de uma estimativa por categorias, necessariamente grosseira, que poderá, no entanto, contribuir para fazer uma comparação da ordem de grandeza relativa destes minerais.

Os resultados da Tabela 3.5.4 permitem evidenciar que existem amostras em que a calcite é uma fase pouco importante (ou mesmo não detectada), predominando a caulinite, sugerindo que na construção de alguns destes muros terão sido utilizados materiais ricos em argila, presumivelmente produtos de alteração dos corpos rochosos regionais.

4-Aug-2006 14:37

Sample identification: 31_1 (seca ao ar - cor bege)

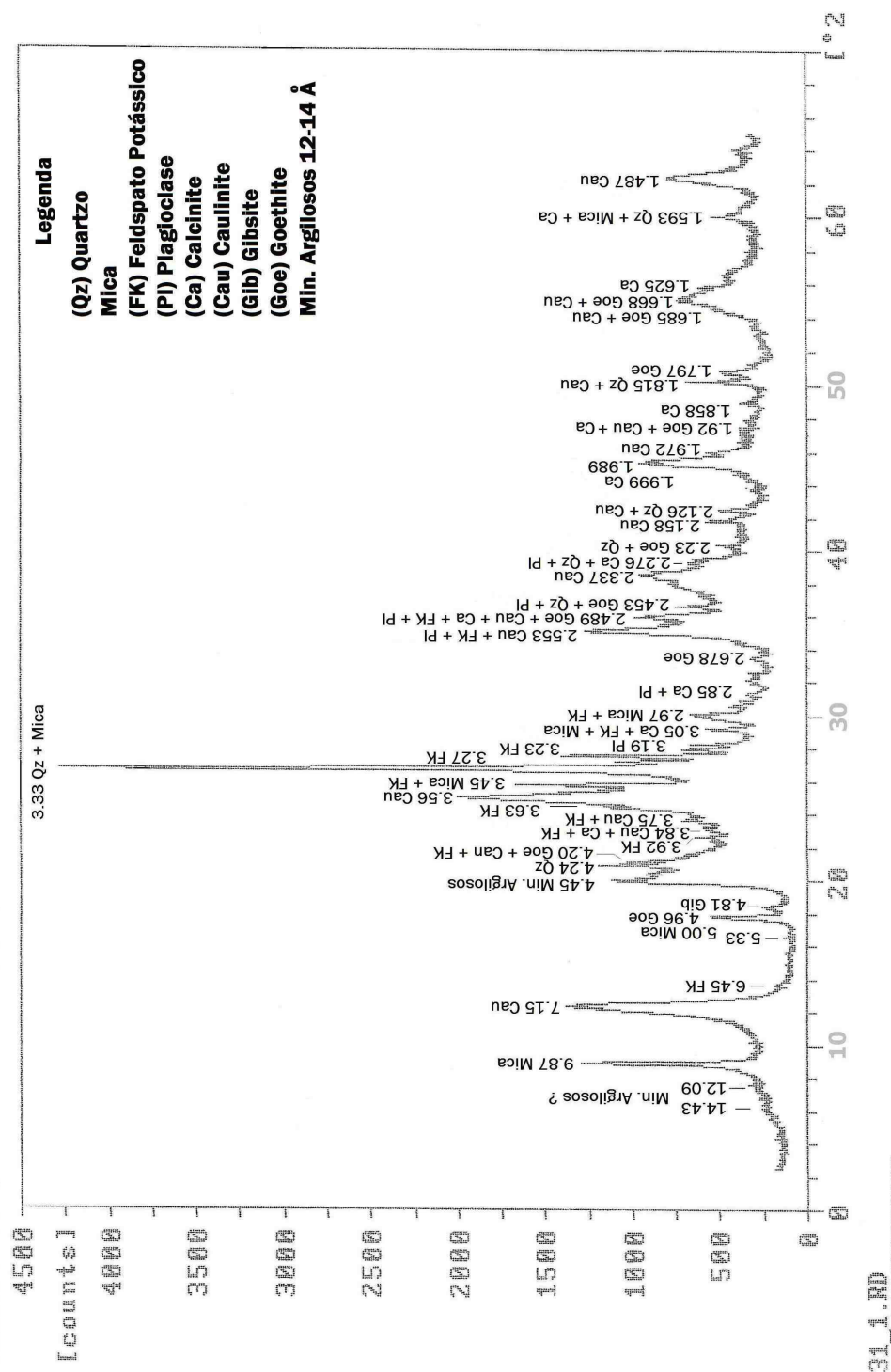


Fig. 3.5.3 - Exemplo de difractograma de argamassa estudada.

Resultados e Discussão

Tabela 3.5.4 – Valores de calcite e caulinite atribuídos de acordo com as escala de classificação das intensidades relativas dos respectivos minerais. Os valores considerados nas escalas foram determinadas a partir da análise dos DRX da fracção < 63 µm (para mais detalhes ver 2.6.5.).

Amostra Nº	DRX nº (após crivo 63µm)	Calcite	Caulinite
1	1 1	0	4
2	2 1	1	4
3	3 1	0	3
4	4 1	2	2
5	5 1	4	2
6	6 1	2	2
7	7 1	4	0
8	8 1	4	1
9	9 1	1	2
10	10 1	4	1
11	11 1	2	2
12	12 1	4	2
13	13 1	4	2
14	14 1	1	4
15	15 1	1	4
16	16 1	4	2
17	17 1	1	2
18	18 1	4	2
19	19 1	3	1
20	20 1	4	2
21	21 1	4	1
22	22 1R	2	1
23	23 1	3	2
24	24 1	2	2
25	25 1	2	2
26	26 1	0	2
27	27 1	4	0
28	28 1	0	4
29	29 1	0	3
30	30 1	3	3
31	31 1	1	3
32	32 2	2	4
33	33 1	3	3
34	34 1	0	2
35	35 1	0	4
36	36 1	4	2
37	37 1	0	2
38	38 1	0	2
41	41 1	0	2
42	42 1	0	3

Os difractogramas das preparações orientadas (exemplo na Fig. 3.5.4) estudadas permitiram confirmar a presença de caulinite (fase argilosa geralmente predominante) e ainda identificar interestratificado de mica-vermiculite (que chegam a ser a fase de alteração predominante numa das amostras); vermiculite, mica, gibsite e goethite, resultados que estão em acordo com estudos anteriormente desenvolvidos nas alterações graníticas do noroeste de Portugal (Sequeira Braga, 1988; Sequeira Braga *et al.*, 2002).

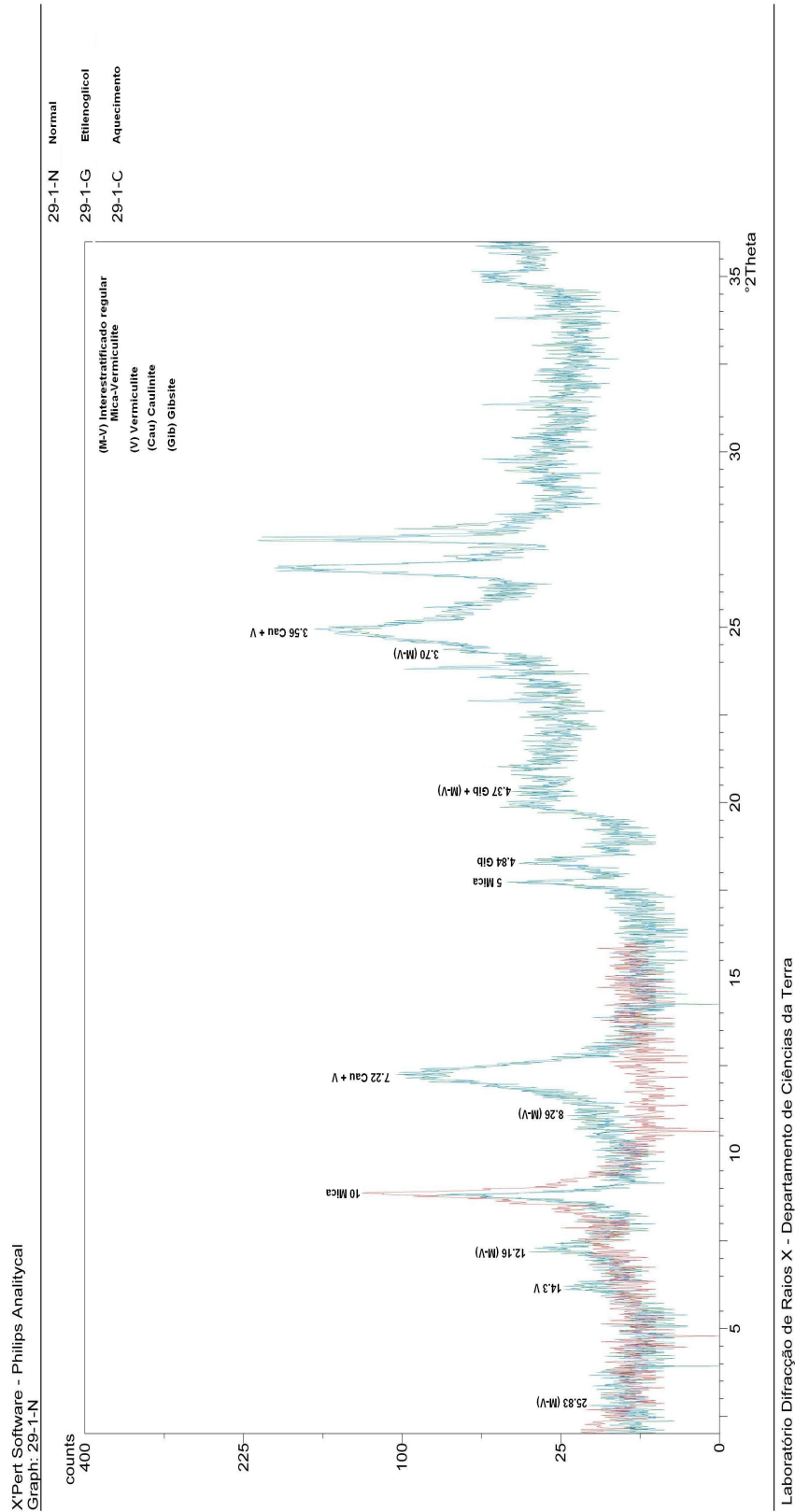


Fig. 3.5.4 - Exemplo de difractograma para estudo da composição dos minerais de argila.

Da comparação dos resultados apresentados na Tabela 3.5.5 sobre a estimativa da composição em termos de minerais de alteração (no caso do interestratificado M-V a estimativa obteve-se da soma das diferenças do difractograma após aquecimento e do obtido com etilenoglicol, Brindley e Brown, 1980) com os resultados encontrados por Sequeira Braga (1988) e por Sequeira Braga *et al.* (2002) merece destaque a abundância dos interestratificados mica-vermiculite que é observada em algumas amostras, uma vez que os autores citados indicam que, em geral, a caulinite e a gibsite são os minerais de alteração predominantes nas arenas desta região. Sequeira Braga (1998) encontrou em arenas graníticas da bacia inferior do rio Cávado, incluindo regiões próximas de Braga, valores de Caulinite + Gibsite compreendidos entre 35 a 95 %, estando esses valores compreendidos entre 75 e 95 % em cerca de 40 % das 46 amostras estudadas.

Tabela 3.5.5 - Estimativa, por difracção de raios-X, da composição mineralógica de preparações orientadas da fracção < 63 µm. M = mica; (M-V): interestratificado de mica-vermiculite; V: vermiculite; Cau: caulinite; Gib: Gibsite; Goe: Goethite.
Estimativa >75% (+++); 25-75% (++); 5-25% (+); <5% (tr).

	M	M-V	V	Cau	Gib	Goe
Picos diagnósticos (Å)	10	10	14	7	4,85	4,16-4,21
Amostra						
2-1	+	-	-	+++	-	tr
14-1	+	-	-	++	+	+
17-1	+	+++	+	+	+	-
29-1	+	++	tr	+	+	-
35-1	++	+	-	++	tr	-
42-1	+	++	-	++	-	tr

Os resultados da escala de abundância de calcite (estimados a partir dos difractogramas) comparados com os resultados da escala de efervescência (Fig. 3.5.5) indiciam uma associação entre estes dois parâmetros (como seria de esperar), existindo uma certa dispersão que pode ser atribuível às características das escalas utilizadas (uma vez que os números empregues representam categorias). Saliente-se ainda uma extrema concordância nos limites inferiores da escala (correspondentes à ausência da calcite).

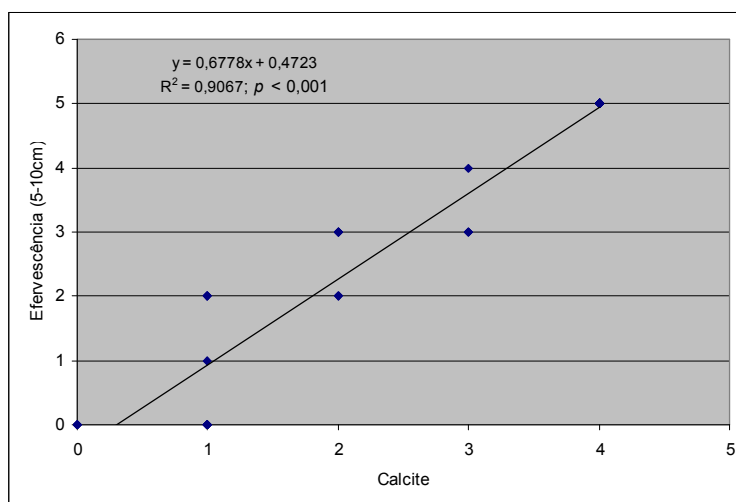


Fig. 3.5.5 - Relação entre efervescência (5-10 cm) e calcite. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

3.5.5. Caracterização química do extracto solúvel em água

Os resultados dos parâmetros químicos medidos no extracto solúvel em água são apresentados na Tabela 3.5.6.

Os valores de pH medidos nas amostras suportam a hipótese das argamassas terem sofrido uma carbonatação avançada, na medida em que argamassas frescas, preparadas há pouco tempo, são caracterizadas por valores de pH 12 ou superiores (Wilimzig e Bock, 1996, *in* Shirakawa *et al.*, 2003). Este estado de carbonatação, indiciado pelo teste com a fenolftaleína e pela reacção com HCl (ver secção 3.5.3.) é habitual em argamassas antigas uma vez que a neutralização do hidróxido de cálcio pode levar a decréscimos de pH de 12,5 para 8,3 (Shirakawa *et al.*, 2003).

Os valores de pH mais baixos foram encontrados nas amostras de locais não colonizados. O valor mais baixo encontrado para uma presença foi de 6,45 ao fim de 48h. No extremo oposto pode observar-se que o maior valor determinado em amostras de locais colonizados foi 8,72 ao fim de 1 h (8,11 ao fim de 48 h). De acordo com os trabalhos de Wilimzig e Bock publicados em 1996 e citados por Shirakawa *et al.* (2003), a maioria dos organismos é incapaz de sobreviver a pH iguais ou superiores a 12.

O pH afecta a disponibilidade de nutrientes. Os catiões ou *bases* de troca predominantes nos solos de reacção neutra ou alcalina são os de cálcio, magnésio, potássio, sódio, alumínio e hidrogénio, ao passo que nos solos ácidos são o alumínio e o hidrogénio (Costa, 1999).

A toxicidade de elementos como Al, Fe e Mn embora possa não se verificar para comunidades vegetais nativas de solos ácidos pode causar a exclusão de espécies não nativas (Marschner, 1995, *in* [24]).

Além disso, o pH, sendo muito baixo ou muito elevado vai limitar, diminuindo, a decomposição da matéria orgânica.

Resultados e Discussão

Tabela 3.5.6 - Resultados da análise de parâmetros químicos a partir de extractos solúveis em água obtidos para todas as amostras.

Amostra Nº	pH 0,5 a 1h	pH 48 h	Ca meq/kg	Mg meq/kg	Fe meq/kg
1	8,29	7,69	1,657	0,230	0,070
2	8,12	7,79	4,381	0,214	0,155
3	6,93	6,45	1,557	< 0,165	< 0,007
4	7,97	7,82	9,301	0,280	< 0,007
5	8,64	7,92	23,752	0,412	0,007
6	7,92	7,83	18,962	0,658	0,007
7	8,18	7,92	203,593	6,436	0,007
8	8,79	7,80	172,655	2,979	< 0,007
9	8,22	7,95	14,271	0,675	0,007
10	8,44	7,87	146,707	5,399	0,014
11	7,79	7,70	11,078	0,527	0,007
12	8,39	8,02	11,776	0,642	0,007
13	8,13	7,54	298,403	12,444	< 0,007
14	6,82	6,75	1,547	0,428	0,056
15	8,24	7,89	7,565	0,543	0,014
16	8,30	7,68	41,118	1,942	< 0,007
17	7,47	7,48	8,084	0,658	< 0,007
18	8,74	7,85	19,461	0,658	0,007
19	7,88	7,76	28,044	1,185	0,014
20	8,44	7,98	13,074	0,346	0,007
21	8,53	8,09	17,565	0,379	0,007
22	8,72	8,11	8,723	0,247	< 0,007
23	7,82	7,82	20,659	1,416	< 0,007
24	7,56	7,53	21,357	1,514	0,028
25	7,70	7,70	18,762	2,337	0,021
26	4,45	4,67	2,465	0,856	0,014
27	8,82	8,04	11,577	0,889	< 0,007
28	6,82	6,90	2,096	0,198	0,021
29	7,08	7,31	5,798	< 0,165	0,014
30	8,66	7,94	15,868	< 0,165	0,007
31	8,10	7,53	3,224	< 0,165	0,007
32	8,64	7,79	17,066	0,428	0,099
33	8,66	7,97	10,180	< 0,165	< 0,007
34	6,67	6,81	4,002	0,741	0,014
35	7,67	7,47	2,844	0,165	0,007
36	9,39	8,25	30,439	1,185	< 0,007
37	5,23	5,14	0,948	0,313	0,056
38	7,13	6,94	1,218	< 0,165	0,225
41	5,01	5,07	0,689	0,280	0,007
42	6,43	6,70	2,086	0,412	< 0,007
média	7,858	7,622	11,427		
SD	0,5747	0,4388	0,4940		
média	7,672	7,232	52,751	2,233	0,039
SD	1,4488	1,0970	86,0403	3,2972	0,0650

Os valores médios obtidos para a variável não são significativamente diferentes entre presenças e ausências ($p>0,05$).

Os teores em cálcio encontrados apresentam um intervalo muito largo, sendo o menor de 1,547 e o maior de 298,403 meq/kg. Os valores nas amostras dos locais colonizados situam-se entre 1,547 e 28,044 meq/kg. Curiosamente, os valores mais elevados foram encontrados em locais nos quais não foi detectado a presença da planta.

Em relação ao magnésio e ao ferro, a discussão dos resultados está limitada por muitos

dos resultados estarem situados abaixo do limite de detecção (o que é particularmente acentuado para o ferro, onde 30 % das amostras se encontram nessa situação). Os valores de magnésio (considerando os resultados acima ou no limite de detecção) mostram alguma associação positiva com os teores em cálcio (Fig. 3.5.6), observando-se, também, que os valores mais elevados deste componente correspondem a ausências).

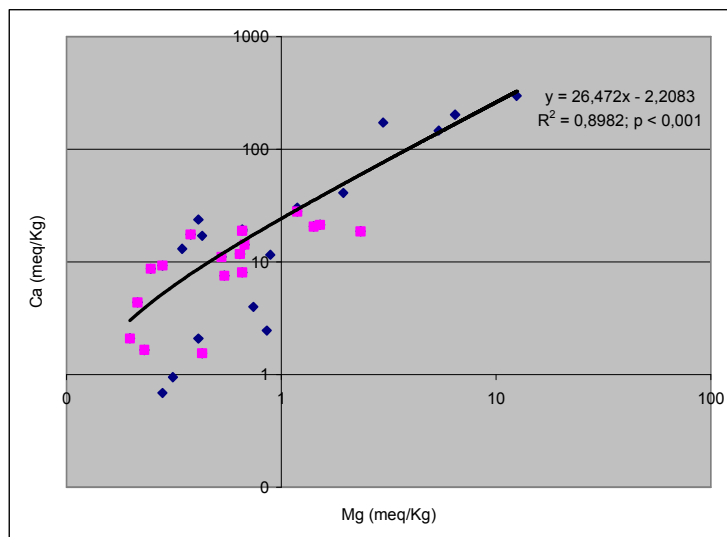


Fig. 3.5.6 - Relação entre Ca e Mg para presenças (rosa) e ausências (azul). A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

Há uma correlação positiva bem definida entre a quantidade de Ca e das amostras e a de Mg. Esta era esperada atendendo a que os dois elementos são encontrados nos calcários. Nalguns dos locais podem também ser fonte de magnésio minerais de argila como a vermiculite e a ilite, encontradas em diferentes locais na estimativa feita a partir dos difractogramas – ver Tabela 3.5.5.

Argamassas com teores em cálcio elevados possuem também valores médios a elevados na escala de dureza (Fig. 3.5.7). Todavia, existem amostras de argamassas com elevada dureza e com baixos valores de cálcio. Os valores mais elevados na escala de dureza correspondem geralmente a argamassas de reboco ou de assentamento em que o cimento *Portland* foi empregue. No entanto o local com maior teor em cálcio, o local 13, corresponde a uma situação em que no reboco foi empregue cal, estando assim na origem de um material extremamente rico em cálcio e de uma dureza não muito elevada, até por se tratar de um material já antigo e evidenciando alteração à superfície. O grau de hidratação da cal na altura da sua aplicação influencia a dureza e evolução futura da argamassa, podendo conduzir a argamassas mais moles (Marapoulou *et al.*, 2000).

Resultados e Discussão

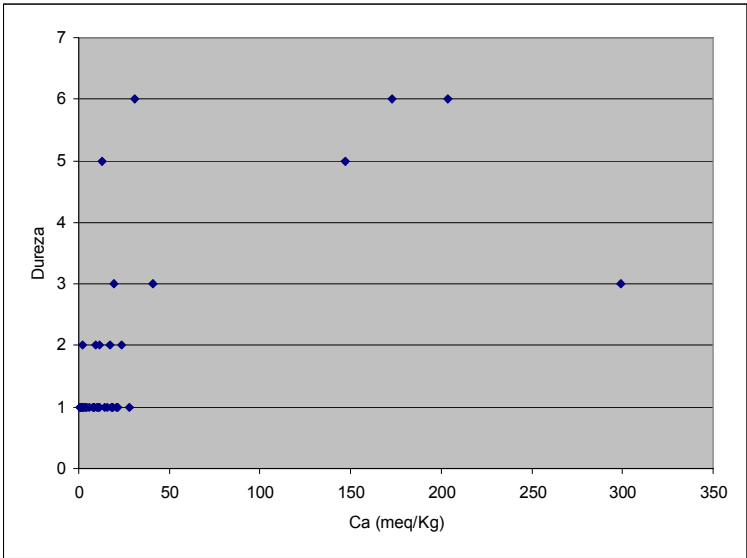


Fig. 3.5.7 - Relação entre a dureza das argamassas e o seu teor em cálcio.

Como se pode observar na figura 3.5.8., de uma forma geral, quanto maior o teor em cálcio solúvel da amostra, maior a efervescência. A grande dispersão observada poderá resultar, em parte, devido à diferentes natureza das variáveis analisadas – contínua vs qualitativa.

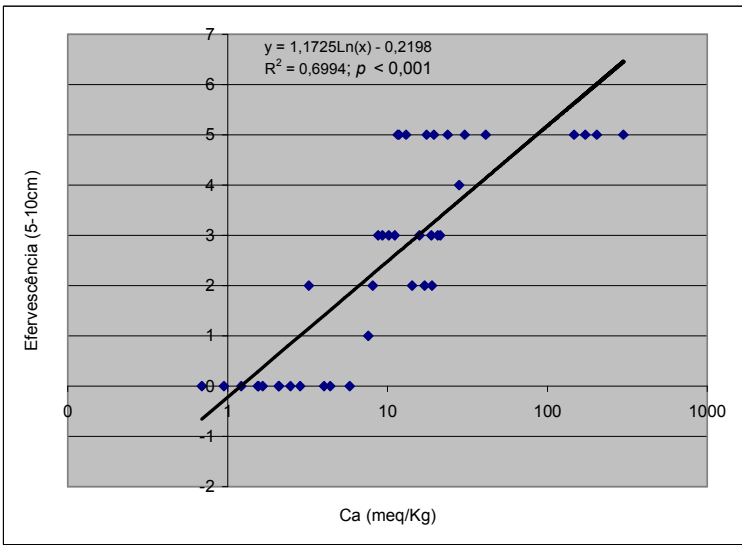


Fig. 3.5.8 Relação entre efervescência (5-10 cm) e teor em cálcio das argamassas. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

Segundo Costa (1999) as concreções ricas em carbonatos de cálcio, tal como nos casos de argamassas, constituem uma reserva de cálcio que pode ir sendo disponibilizada de forma mais ou menos lenta sob formas solúveis. Estando reduzidas a partículas com dimensões diminutas, equiparáveis às dos minerais de argila vêem aumentada a sua solubilidade em águas ácidas, como as das chuvas, aumentando muito a sua actividade química (Costa, 1999).

Pode desta forma concluir-se que esta escala, sendo um instrumento grosseiro, dá

alguma noção de até que ponto numa argamassa se pode encontrar cálcio (na forma do seu carbonato) com dimensões que favorecem a sua utilização por parte de *Trachelium caeruleum*.

3.5.6. Teor em matéria orgânica

A Tabela 3.5.7 representa os valores encontrados para a matéria orgânica nas amostras estudadas. Esta é em geral superior nos locais das presenças, podendo os resultados ser atribuídos por um lado à existência de uma maior actividade biológica em geral, dado que as condições que influenciam a presença de *Trachelium caeruleum* são em princípio também favoráveis a diversas outras espécies, nomeadamente de fungos, líquenes e microorganismos. Por outro lado a presença da raiz da planta na proximidade dos locais de recolha da amostra pode ter contribuído nalgum grau para o teor de matéria orgânica encontrado.

Os locais 23, 24 e 25 correspondentes aos valores máximos de matéria orgânica encontrada encontram-se em muros contíguos cobertos por uma camada lodosa que escorre de um solo acima e nesta camada germinam inúmeras sementes que posteriormente enraízam nas reentrâncias do muro.

Em todo o caso a matéria orgânica devido à sua elevada capacidade de retenção de água [37], ao fornecimento de nutrientes essenciais por decomposição e à sua grande capacidade de fazer a adsorção (Costa, 1999), pode ser um constituinte importante para o melhoramento do substrato onde cresce *Trachelium caeruleum*.

Resultados e Discussão

Tabela 3.5.7 Resultados da análise do teor em matéria orgânica das amostras recolhidas nos diferentes locais.

Nº Amostra	Local	Matéria Orgânica
1	Quinta Sá de Miranda	2,492
2	Quinta Sá de Miranda	2,204
3	Cemitério	1,724
4	Cemitério	3,354
5	Cemitério	2,487
6	Paço - ala medieval	3,752
7	Paço - ala medieval	6,102
8	Paço - ala medieval	2,816
9	Paço – Pátio interior	3,733
10	Paço - Pátio interior	1,909
11	Paço - Pátio interior	5,042
12	Paço - Pátio interior	4,874
13	Paço – Pátio interior	2,958
14	Cooperativa Agrícola	1,903
15	Cooperativa Agrícola	5,459
16	Cooperativa Agrícola	2,347
17	Rio Este	6,777
18	Rua de S. Paulo	2,450
19	Rua Infancia	9,471
20	Colégio Teresiano	2,890
21	Colégio Teresiano	3,672
22	Auto-estrada	1,613
23	Paio	13,638
24	Paio	12,650
25	Paio	11,280
26	Paio	4,030
27	Saída para Barcelos	1,258
28	Rua do Matadouro	2,209
29	Montariol	1,414
30	Montariol	4,875
31	Francisco Sanches	1,042
32	Francisco Sanches	1,394
33	Rua do Taxa	1,284
34	R. Areal de Cima	5,352
35	Cerca de Tibães	0,883
36	Cerca de Tibães	1,498
37	Cerca de Tibães	3,331
38	Cerca de Tibães	2,076
41	Semelhe – Rua da Mata	2,810
42	Semelhe – Rua do Assento	2,737
média	Presenças	4,9133
SD		3,77927
média	Ausências	2,6638
SD		1,34696

Os valores médios obtidos para a variável não são significativamente diferentes entre presenças e ausências ($p>0,05$).

Como se pode verificar da leitura das figuras 3.5.9 e 3.5.10, o teor de matéria orgânica encontrava-se bem correlacionado com o teor de magnésio (Fig. 3.5.9) bem como com o de cálcio (Fig. 3.5.10) nas argamassas amostradas. Este facto poderá dever-se não só a

Resultados e Discussão

uma maior produtividade das plantas, como a um maior crescimento de outros organismos, nomeadamente microrganismos, microflora e microfauna, já que a falta de cálcio e magnésio são factores limitantes da produtividade nos solos ácidos (Reimann e Caritat, 1998). Em solos férteis o cálcio pode perfazer 80 % do total das bases cambiáveis [24].

Assim, a elevação do teor destes dois nutrientes poderá corresponder a um aumento da produtividade. Por outro lado, há uma forte correlação entre os teores destes dois elementos, como se pode observar na figura 3.5.6.

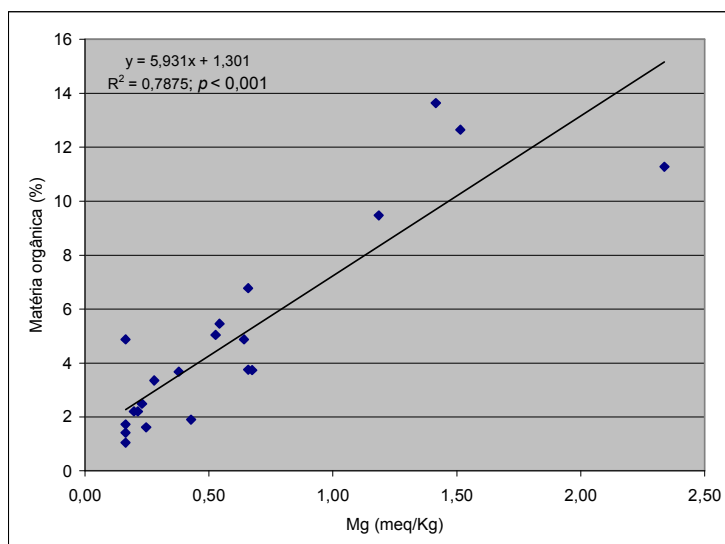


Fig. 3.5.9 - Relação entre teor em matéria orgânica e magnésio nas argamassas. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

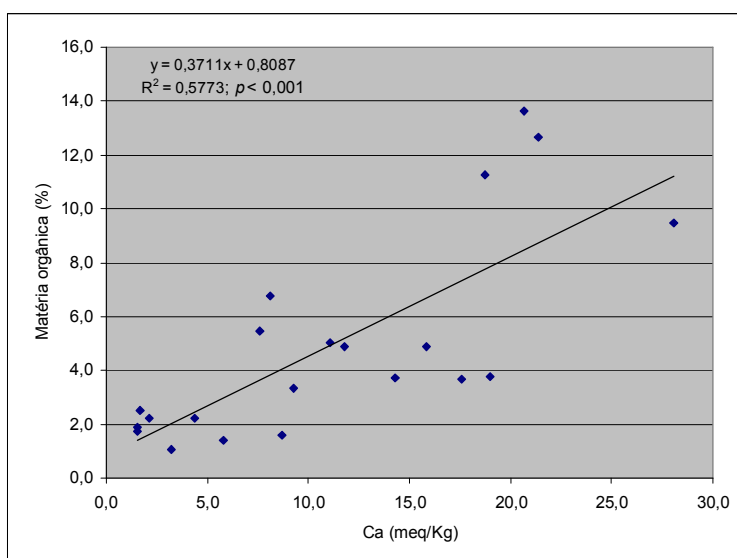


Fig. 3.5.10 - Relação entre teor em matéria orgânica e o Ca nas argamassas. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

3.6. Caracterização das populações de *Trachelium caeruleum*

3.6.1. Distribuição da espécie e bioreceptividade dos muros: um estudo por análise de componentes principais

Com o objectivo de fazer emergir uma explicação para o padrão de presenças/ausências de *Trachelium caeruleum* observado no local de estudo, com base nos factores abióticos analisados, procedeu-se a uma análise de componentes principais (PCA).

3.6.1.1. Análise preliminar das variáveis (abióticas) dependentes

Numa primeira análise, para tentar encontrar diferenças entre os locais onde se verificam “ausências” e os locais onde se verificam “presenças” das plantas, foram comparados os valores obtidos para as diferentes variáveis estudadas em cada um destes dois grupos de locais. Os valores médios obtidos para todos os locais amostrados e para todas as variáveis abióticas podem ser confirmados nas Tabelas 3.5.1 a 3.5.7 apresentadas na secção anterior.

A Tabela 3.6.1 foi construída após comparação da gama de valores, em particular dos valores mínimos e máximos, obtidos para as diferentes variáveis nos locais com presença de *Trachelium caeruleum* com aqueles que se encontraram nos locais onde a espécie está ausente. Sempre que, para cada uma das variáveis, se encontraram valores nos locais das ausências que estivessem bastante fora da gama de valores observados nos locais de presenças assinalou-se essa variável com um X na tabela abaixo, visto esta diferença poder constituir uma possível razão para a ausência da espécie nesse local. Assim, e a título de exemplo, mostra-se abaixo o exercício realizado para o Ca^{2+} (Fig. 3.6.1.) e para o pH (48h) (Fig. 3.6.2).

Tabela 3.6.1 – Identificação (X), para cada local, da(s) variável(is) que pode(m) constituir motivo de exclusão de indivíduos/populações de *Trachelium caeruleum* dos muros.

Amostras	Ca	Mg	Fe	pH 48h	Caulinite	Mat. Org.	TRA	Dureza	Ensomb.	Eferv. 5-10cm	Eferv. sup.	Σ Eferv.
7	X	X			X			X				X
8	X	X?						X				X
10	X	X						X				X
13	X	X						X				X
16	X?							X				X
18								X				X
20								X				X
26				X							X	X
27					X		X					
33		X?										
34											X	X
35									X		X	X
36				X				X	X			
37				X							X	X
38											X	X
41				X							X	X
42				X							X	X
Total	5	5	0	5	2	0	1	8	2	0	7	14

Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, Fe: Ferro; TRA: teor relativo em água, Ensomb.: ensombramento; Eferv. 5-10cm: efervescência da argamassa colhida à profundidade de 5-10 cm; Eferv.sup: efervescência à superfície; Σ Eferv: somatório das efervescências.

Resultados e Discussão

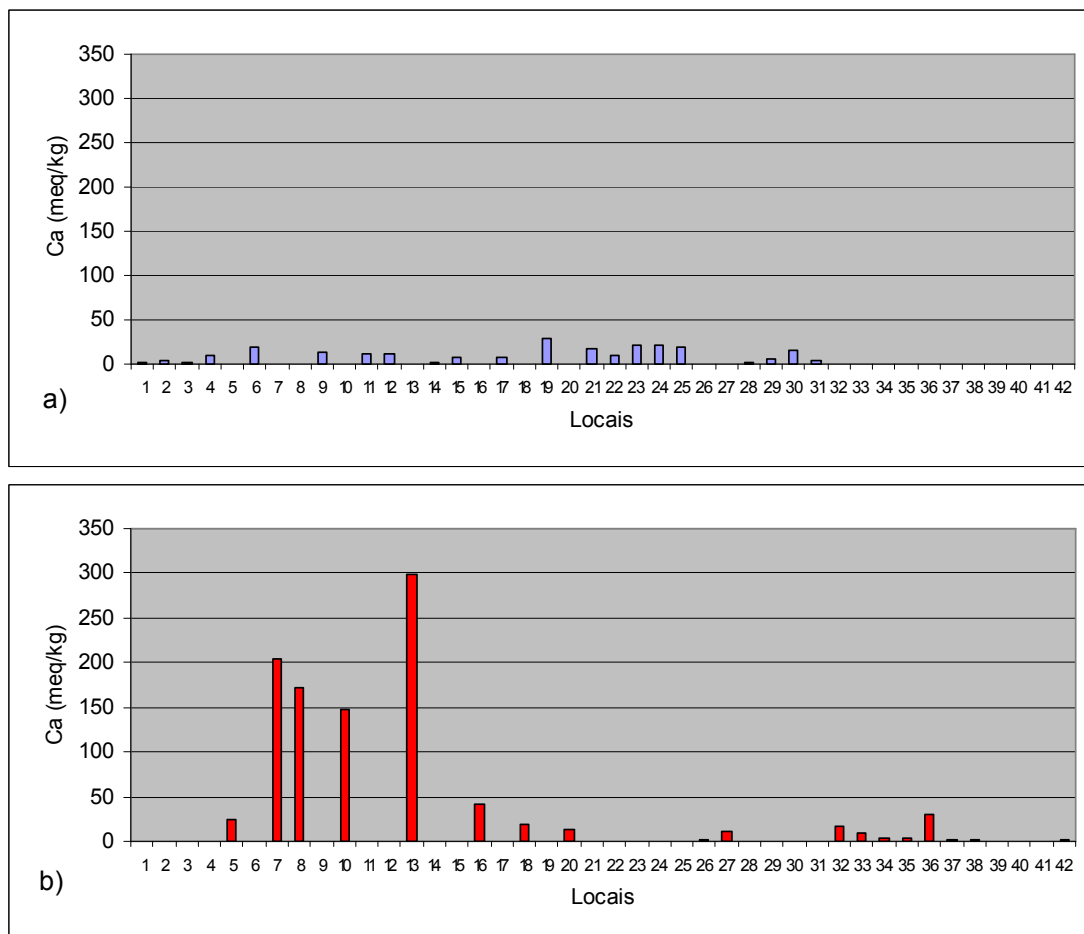


Figura 3.6.1 – Valores médios de Ca (meq/Kg) obtidos para os diferentes locais amostrados. a) Locais com presenças e b) de ausências.

Tal como se pode constatar pela análise destas figuras, os valores de cálcio das amostras 7, 8, 10, 13 e, eventualmente o 16 (ausências) (Fig. 3.6.1.b), encontram-se bastante acima dos maiores valores encontrados nas amostras de locais com presenças (Fig. 3.6.1.a). Como tal, estes locais foram “marcados” para o Ca (Tab. 3.6.1).

Em relação a algumas variáveis (como o Ferro, por exemplo) os valores encontrados não permitiram com segurança estabelecer diferenças que pudessem ser entendidas como motivo de exclusão - os valores encontrados para as ausências encontram-se na gama dos valores obtidos para as presenças – e, portanto, nenhum local surge assinalado na Tabela 3.6.1.

Já para o “pH 48h” os valores encontrados para as amostras 26, 36, 37, 41, 42 (ausências) são inferiores ao mínimo encontrado para as presenças, tal como se pode observar pela leitura das figuras seguintes

Resultados e Discussão

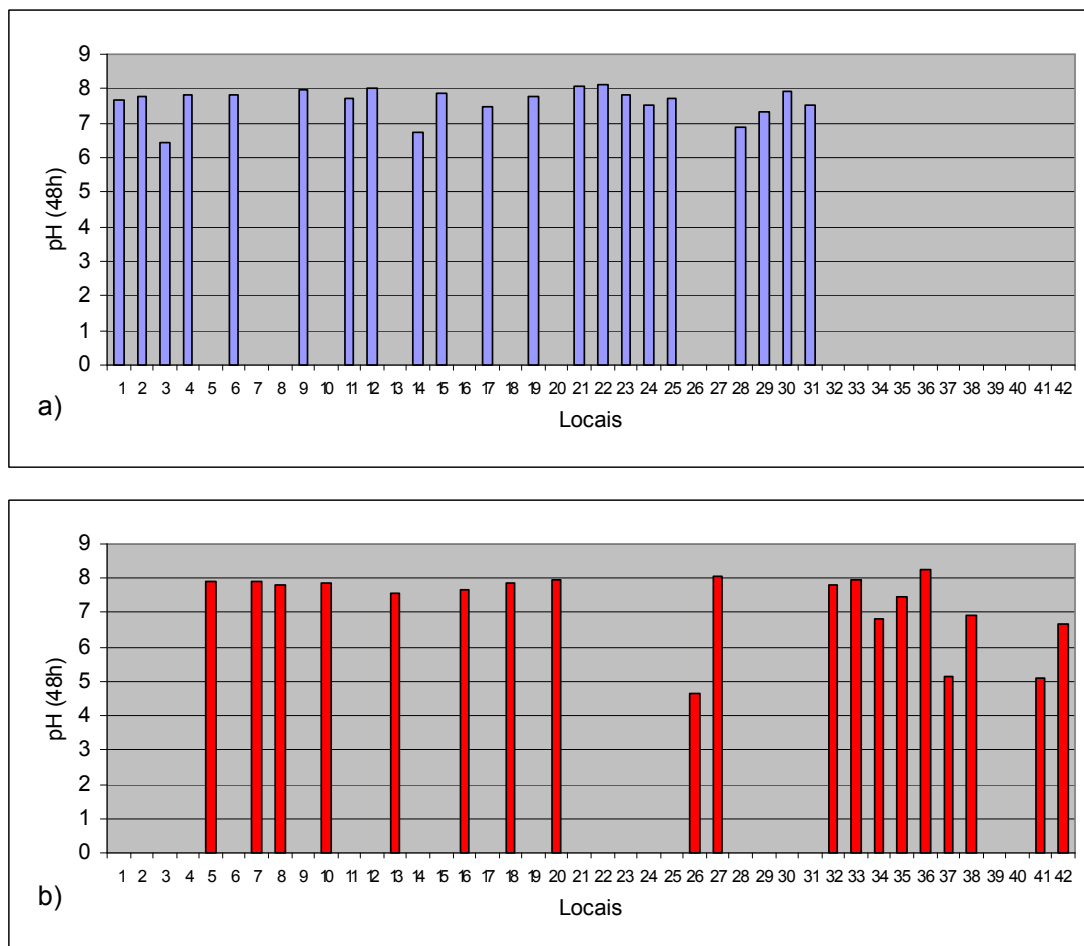


Figura 3.6.2 – Valores médios de pH (48h) obtidos para os diferentes locais amostrados. a) Locais com presenças e b) de ausências.

Este exercício foi realizado, de igual modo, para todas as variáveis. Os resultados obtidos encontram-se sumariamente descritos abaixo.

Para a “Caulinite” as amostras 7 e 27 (ausências) não atingiram o patamar mínimo encontrado para as amostras dos locais das presenças.

Em relação à “Matéria Orgânica” a comparação não permitiu distinguir qualquer local de ausência.

O “Teor Relativo em Água” (TRA), embora, em geral, mais elevado nos locais positivos, permitiu assinalar apenas o local de ausência 27 cujo teor em água é inferior ao mínimo encontrado para amostras com presenças.

A “Dureza” encontrada para as amostras 7, 8, 10, 13, 16, 18, 20 e 36 revelou-se bastante superior ao patamar máximo encontrado para as amostras dos locais das presenças. Este número constitui quase 50 % do total dos locais de ausências amostrados.

O “Ensombramento” dos locais 35 e 36 revelou-se inferior ao mínimo encontrado para os locais das presenças.

A “Efervescência 5-10 cm” sendo, dum modo geral, superior nas amostras dos locais das ausências, não permitiu assinalar qualquer deles, dada a variabilidade de valores nos locais das presenças.

A “Efervescência à superfície” permitiu distinguir os locais das ausências números 26, 34, 35, 37, 38, 41 e 42.

A “Efervescência”, resultante do somatório das duas anteriores, permitiu assinalar os locais 7, 8, 10, 13, 16, 18, 20, 26, 34, 35, 37, 38, 41, 42 (ausências) por não atingirem o valor mínimo dos locais das presenças.

3.6.1.2 Selecção de variáveis dependentes e PCA

Por critérios já referidos e com base nesta análise preliminar, sobre o comportamento das variáveis dependentes, eliminaram-se aquelas que introduziam muito “ruído” e, portanto, que podiam diminuir o poder de discriminação do método estatístico. Assim, e por razões distintas, eliminaram-se as seguintes:

- “Mg²⁺” - muito redundante com a concentração de “Ca²⁺” e com alguns “*missing values*” (ver fig. 3.4.6) “Fe²⁺” - com muitos valores abaixo do limite de detecção do ICP (ver Tab. 3.4.6.) e sem capacidade de separação presença/ausência (Tab. 3.5.1);
- “Matéria Orgânica” – tal como o “Fe²⁺” não apresentou capacidade de separação presença/ausência (Tab. 3.6.1), por outro lado verificou-se ter um peso importante na definição de uma 3ª componente (ou variável sintética) que apenas separava dois locais, ou seja, não só não acrescentava “explicação”, como poderia ocultar outras variáveis dependentes de maior relevância (dados não apresentados). Para além disso a matéria orgânica, embora em geral melhore a aptidão produtiva dos solos, e possua uma forte acção tamponizante do pH não é indispensável às plantas (Costa, 1999).
- “Efervescência 5-10cm” e a “Efervescência à superfície” - visto a variável resultante da soma destas duas – “Efervescência” - deixar prever um maior poder explicativo (Tab. 3.6.1).

Como se pode ver pela análise da Tab. 3.5.5 e da figura 3.5.5, a “Efervescência”, embora constituindo uma variável construída, reflecte adequadamente a quantidade de cálcio que está disponível para a planta, e que pode provir quer dos materiais mais à superfície – como os materiais de reboco – quer de zonas de maior profundidade. De facto, a efervescência no interior e à superfície são na maioria dos casos distintas, indiciando diferenças na quantidade de cálcio disponível para as plantas a partir de cada um destes locais. Mais ainda, e corroborando a importância do ião Ca para as plantas,

os resultados obtidos para a efervescência total, mais do que aqueles obtidos com cada uma das efervescências parciais de *per se*, sugerem que esta variável tenha uma melhor capacidade de distinguir ausências e presenças (Tab. 3.6.1).

O modo como o Ca é disponibilizado bem como a sua dinâmica no suporte físico das plantas dependerá de muitos factores, nomeadamente, dos materiais que constituem esse suporte e das condições bioclimáticas mas, a soma dos valores da efervescência à superfície com os de profundidade pode ser interpretada como um indicador da quantidade de cálcio de reserva que pode ir ficando disponível para a planta, para além de influenciar directamente o valor do pH encontrado pela planta no local. O grau de carbonatação das argamassas, também relacionável com a efervescência, juntamente com outros factores como o grau de humidade à qual as argamassas se encontram expostas mostraram-se determinantes na bioreceptividade a fungos – *Cladosporium sphaerospermum* - de argamassas de cimento em laboratório (Shirakawa *et al.*, 2003).

O modo como o Ca é disponibilizado bem como a sua dinâmica no suporte físico das plantas dependerá de muitos factores, nomeadamente, dos materiais que constituem esse suporte e das condições bioclimáticas mas, a soma dos valores da efervescência à superfície com os de profundidade pode ser interpretada como um indicador da quantidade de cálcio que pode ir ficando disponível para a planta. As concreções ricas em carbonatos de cálcio - tal como nos casos de argamassas - constituem uma reserva de cálcio que pode ir sendo disponibilizada de forma mais ou menos lenta sob formas solúveis (Costa, 1999).

As sete variáveis consideradas para a análise de componentes principais foram: “Ca”, “pH 48h”, “Caulinite”, “TRA”, “Dureza”, “Ensombramento” e “Efervescência”.

Após detecção de alguns “*outliers*” mais ou menos severos nalgumas variáveis contínuas procedeu-se, como referido anteriormente, à transformação destas variáveis. Como resultado deste procedimento, obteve-se uma distribuição normal ou *quasi* normal de todas as variáveis, uma menor variância, bem como uma melhor separação dos locais nos diagramas de dispersão formados pelas componentes duas a duas.

Tendo em conta os critérios estabelecidos para a selecção de componentes, seleccionaram-se 3 componentes independentes que explicaram um total de 80% da variabilidade.

A Fig. 3.6.3 mostra a dispersão dos locais obtida num plano formado pelas componentes 1 e 2. Os locais onde ocorrem “presenças”, encontram-se assinalados a verde e pela letra P – podendo designar-se apenas de locais P - enquanto que os locais

Resultados e Discussão

correspondentes a "ausências" estão representados a vermelho e pela letra A – podendo igualmente designar-se por local A.

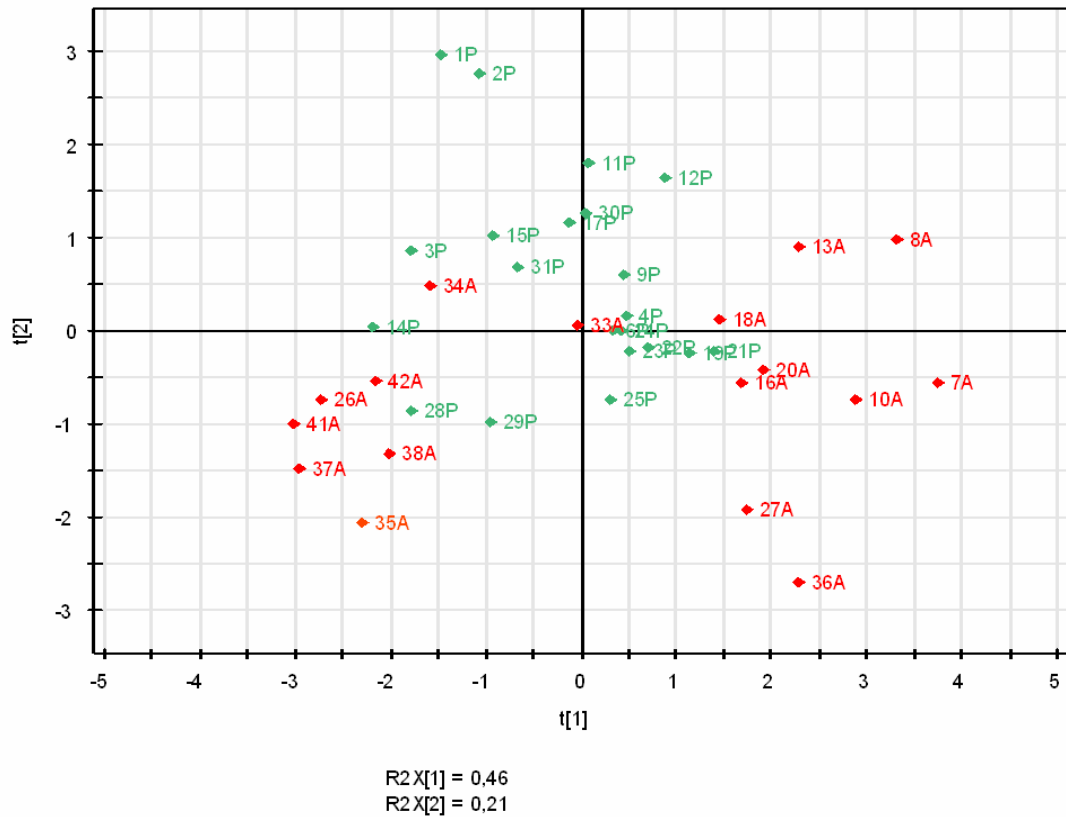
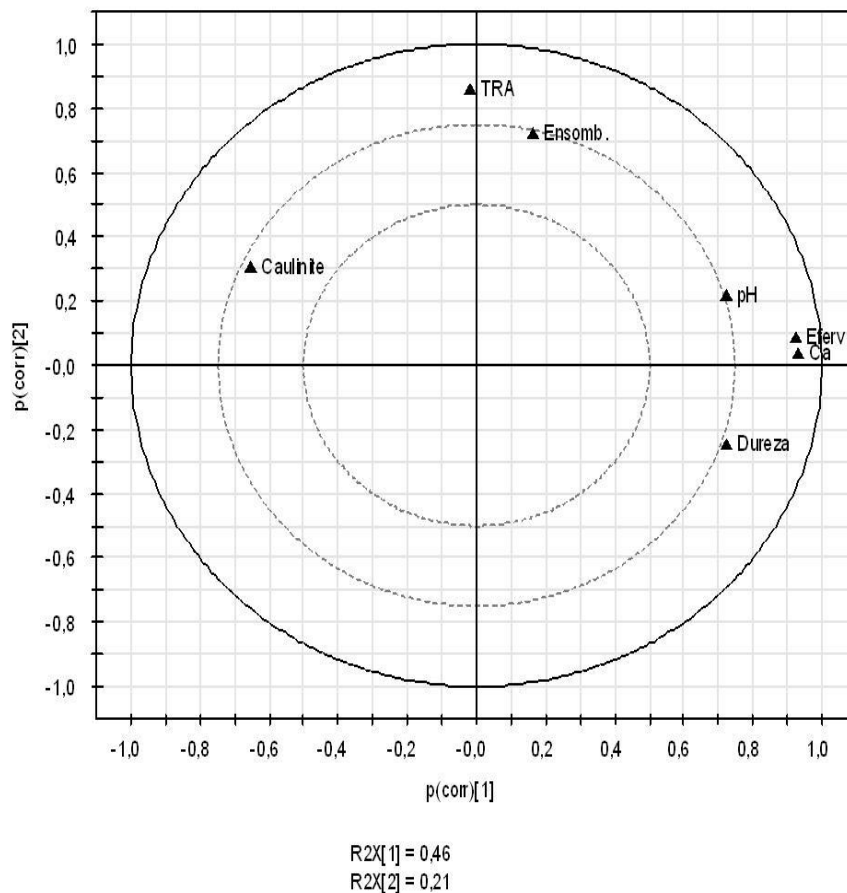


Fig. 3.6.3 – Diagrama de dispersão dos locais no plano formado pelas componentes 1 (eixo dos xx) e 2 (eixo dos yy). Os valores de R^2 associados a cada componente encontram-se referidos.

Com este plano pode verificar-se uma separação nítida entre locais P e locais A. Os locais P agrupam-se numa zona em torno da origem do eixo dos xx, admitindo valores



para a componente 2 situados principalmente ao longo da parte positiva do eixo. Este resultado parece indicar que valores extremos, negativos e positivos da componente 1 e valores baixos da componente 2 poderão constituir motivo de exclusão das plantas. Os locais 25P, 28P e 29P encontram-se no limite inferior dos valores encontrados da componente 2 para “presenças”.

De modo a identificar as principais variáveis dependentes responsáveis pela definição destas variáveis independentes (componentes 1 e 2) e, assim, perceber a relação daquelas na distribuição dos locais obtida no diagrama de dispersão, construiu-se o respectivo diagrama de correlações (Fig. 3.6.4).

Fig. 3.6.4 - Diagrama de correlações das variáveis dependentes com as componentes 1 (eixo dos xx) e 2 (eixo dos yy). Os valores de R^2 associados a cada componente encontram-se referidos.

Neste diagrama de correlações (varia, portanto, entre -1 e 1) pode perceber-se que a componente 1 está positivamente correlacionada com “Efervescência”, “Ca”, “pH” e “Dureza” (altamente correlacionada com as duas primeiras - $> 0,9$), e negativamente correlacionada com a “Caulinite”. A componente 2 é determinada pela “TRA” e pelo “Ensombramento”.

A “efervescência” não é uma variável independente das restantes da componente 1, pois indicia a presença de carbonatos (e particularmente calcite) e, portanto, também de cálcio e estes influenciam o valor do pH. Também a “Dureza” se encontra relacionada com o cálcio já que, para os locais amostrados, aos valores mais elevados de cálcio correspondem sempre a elevadas durezas superficiais. A “caulinite”, até certo ponto oposta à dureza, faz “variar” o pH no sentido oposto ao exercido pelo cálcio.

Da interpretação do padrão de distribuição dos locais no plano comp.1/comp.2 (Fig. 3.6.3) pode dizer-se que esta espécie se distribui essencialmente por locais com níveis de ensombramento e de água no solo elevados. Este resultado está, aparentemente, em contradição com o facto de se tratar de uma espécie de clima temperado mediterrânico. No entanto vários autores, como Bernardo (1995) salientam a plasticidade ecológica das espécies de clima temperado, relativamente a outras de climas tropicais. Além disso existem em regiões de clima mediterrânico espécies que manifestam a sua preferência por locais com disponibilidade de água durante o estio (Paoletti, 2005).

Os valores mais baixos para a componente 2, em locais colonizados, foram encontrados, como referido, nos locais 25P, 28P e 29P. Uma análise mais atenta a estes locais veio revelar que estes poderiam constituir falsos baixos níveis de água na argamassa (TRA). Como veremos mais à frente, os elevados valores de teor hídrico relativo (RWC) registados em folhas de plantas colhidas nestes locais vieram mostrar que, apesar dos níveis de água nas amostras de argamassa colhidas nestes locais serem baixos, estas plantas encontram água disponível. De facto, existe um elevado volume de solo por detrás destes muros, pelo que as raízes se terão desenvolvido nessa direcção conseguindo absorver água mesmo que a argamassa se encontre relativamente

desidratada.

As ausências (A) encontram-se distribuídas essencialmente nos 3º e 4º quadrantes, ou seja, níveis elevados de Ca, Efervescência, pH e Dureza e/ou níveis moderados a baixos de água e de ensombramento.

A Fig. 3.6.5 mostra a dispersão dos locais obtida no plano formado pelas componentes 1 e 3.

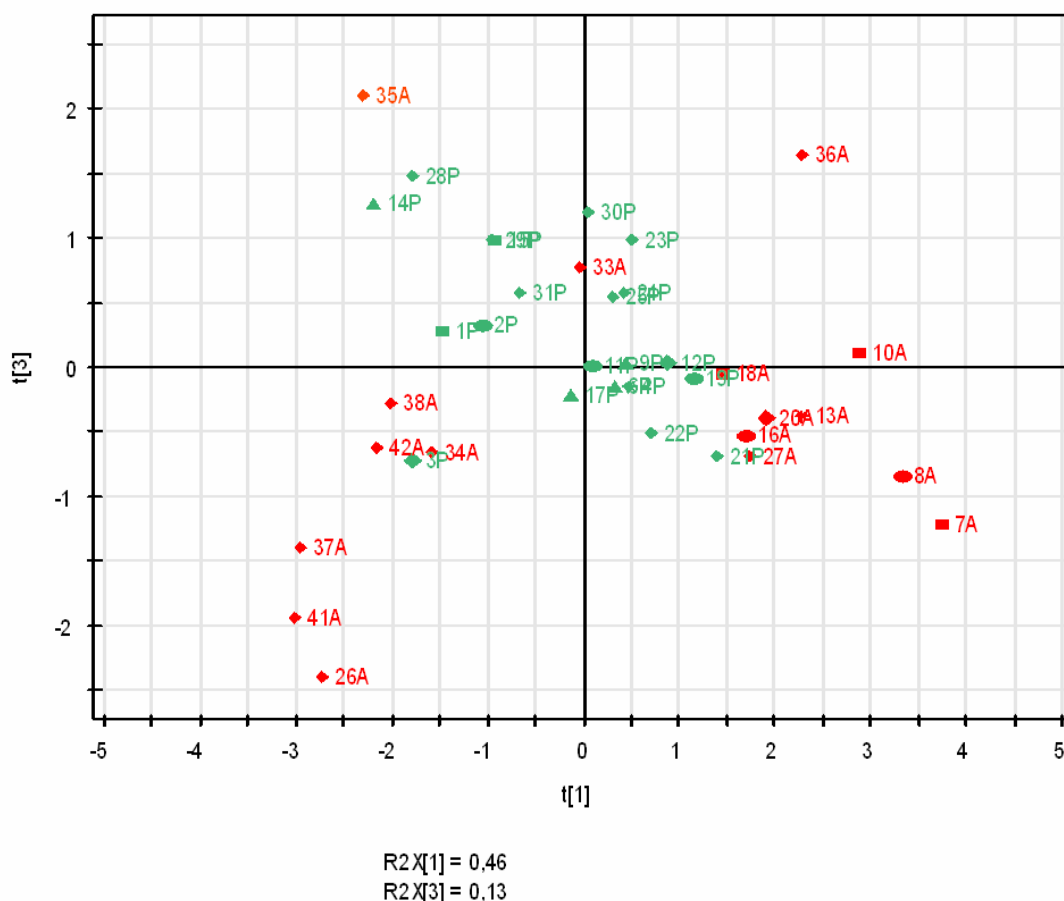


Fig. 3.6.5 – Diagrama dispersão dos locais no plano formado pelas componentes 1 (eixo dos xx) e 3 (eixo dos yy). Os valores de R^2 associados a cada componente encontram-se referidos.

Tal como com o diagrama de dispersão anterior (Fig. 3.6.3) não foi possível separar o local 33A, nem associá-lo a uma variável dependente específica. Uma possível explicação poderá ser a de que este local reúna níveis extremos, para um conjunto de diferentes factores, perto dos valores limite admitidos para a colonização e sobrevivência da espécie, um facto bem conhecido em ecologia (e assim é para o teor em água das argamassas, pH e Mg - ver valores assumidos neste local para as várias variáveis dependentes estudadas, designadamente nas Tabelas 3.5.2 e 3.5.6). Outra explicação poderia ser a de não ter sido estudada uma variável vital para a espécie cujo nível, neste local, fosse suficiente para determinar a ausência.

A Fig. 3.6.6 mostra o diagrama de correlações das variáveis dependentes com as componentes 1 (eixo dos xx) e 3 (eixo dos yy).

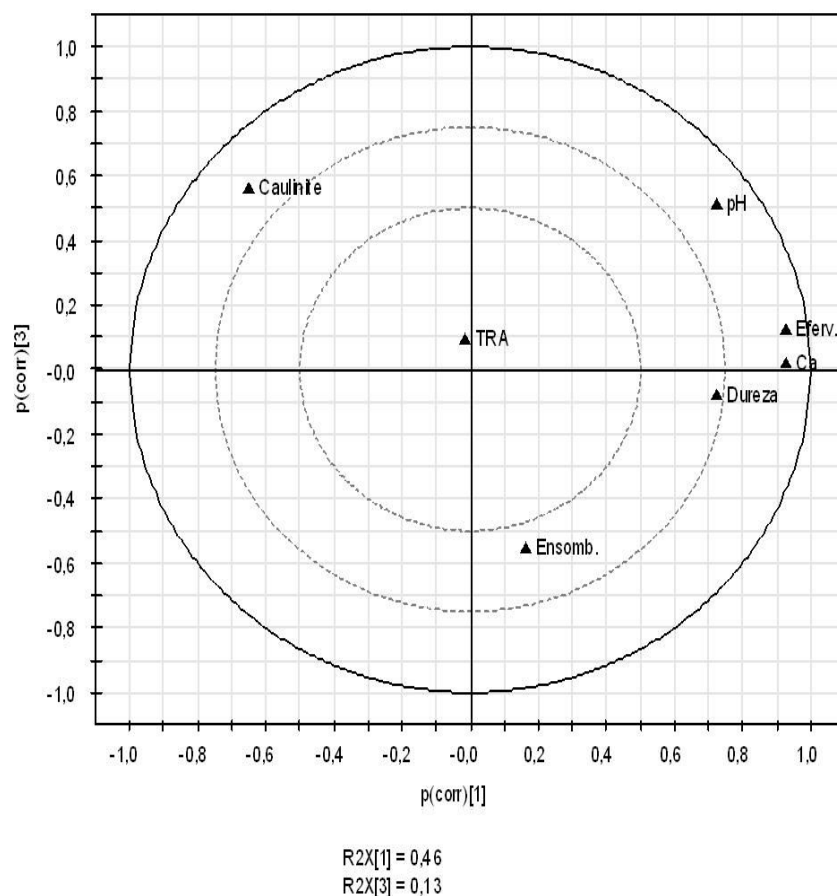


Fig. 3.6.6 – Diagrama de correlação das variáveis dependentes com as componentes 1 (eixo dos xx) e 3 (eixo dos yy). Os valores de R^2 associados a cada componente encontram-se referidos.

Através deste diagrama pode perceber-se que a componente 3 está correlacionada positivamente (ca. 0,55) com o "pH" e a "Caulinite" e negativamente (0,6) pelo "Ensombramento".

Neste diagrama de dispersão, a amostra 34A já não surge associada a "presenças" tal como acontecia com o diagrama anterior (Fig. 3.6.3) mas a um conjunto de "ausências". O seu teor em água (TRA) é superior ao da média das ausências (Tabela 3.5.2) o que justificava aquela associação (Fig. 3.5.3), mas, como este plano é determinado por variáveis que não se encontram correlacionadas com TRA, foi possível realçar o peso das variáveis da componente 1. A observação das Tabelas, 3.5.3, 3.5.6 e 3.6.1 mostra que a ausência de Efervescência mais do que o teor de Ca medido directamente na argamassa interior colhida, isto é, baixa disponibilidade global em cálcio, poderá estar a limitar a presença das plantas no local 34.

3.6.2. Crescimento e morfologia

3.6.2.1. Análise biométrica das plantas

Os resultados referentes à análise de crescimento e morfologia foliar das plantas presentes nos diferentes locais P amostrados encontram-se descritos nesta secção.

Na Tabela 3.6.2 encontram-se todos os locais amostrados de modo a ter presente a orientação geográfica bem como as designações dos locais em questão. Nela se incluem os valores obtidos para o diâmetro do maior colo, o comprimento do maior caule, a área da maior folha e a área da maior inflorescência observados em cada local.

Tabela 3.6.2 – Valores de “diâmetro do maior colo”, “comprimento do maior caule”, “área da maior folha” e “área da maior inflorescência” obtidos por medições *in situ* nos locais amostrados.

Amostra		Local	Diâmetro do maior colo (cm)	Comprimento do maior caule (cm)	Área maior folha (cm ²)	Área maior inflor. (cm ²)
Nº	Orientação					
1	NNW	Quinta Sá Miranda	3,5	115	91,8	123,2
2	NNW	Quinta Sá Miranda	3,2	111	91,8	123,2
3	NNW	Cemitério	3,2	80	14,4	72
4	NNW	Cemitério	1,3	75	9	51,2
5	NNW	Cemitério				
6	NNW	Paço medieval	0,5	20	16,8	20
7	NNW	Paço medieval				
8	NNW	Paço medieval				
9	W	Paço - interior	3,5	130	42	123,2
10	W	Paço - interior				
11	S	Paço - interior	2,6	1,3		
12	N	Paço - interior	2	1,07	54	135,2
13	NNW	Paço - interior				
14	S	Coop.Agrícola	4,5	cortados	-	-
15	NNE	Coop.Agrícola	7,5	120	71,4	115,2
16	N	Coop Agrícola				
17	NNW	Rio Este	3,9	90	30	180
18	NW	Rua de S. Paulo				
19	WNW	Rua Infancia	2,9	65	14,4	96,8
20	S	Colégio Teresiano				
21	N	Colégio Teresiano	2	30	9	20
22	NNW	Auto-estrada	2,2	60	9	80
23	ESE	Paíol	2,5	60	9	33,6
24	E	Paíol	5,2	50	9	33,6
25	E	Paíol	3,3	60	11,7	33,6
26	NE	Paíol				
27	WNW	Saída Barcelos				
28	SW	R. Matadouro	3,5	90	12,6	156,8
29	S	Montariol	3,9	80	33	145,6
30	WSW	Montariol	2	50	14,7	96
31	NE	Francisco Sanches	4,8	120		115,2
32	SW	Francisco Sanches				
33	NE	Rua do Taxa				
34	NW	R. Areal Cima				
35	S	Cerca de Tibães				
36	S	Cerca de Tibães				
37	E	Cerca de Tibães				
38	E	Cerca de Tibães				
41	WNW	Semelhe –Rua Mata				
42	NW	Semelhe – Rua do Assento				

Da análise desta tabela ressaltam dois aspectos principais: uma maior proporção de “presenças” em locais com uma exposição de N a NW relativamente a outras orientações mais viradas a sul (S); e uma grande variabilidade relativamente aos dados biométricos analisados nas plantas, principalmente para as três últimas variáveis.

Se o resultado obtido para as orientações geográficas preferidas seria expectável – os dados anteriores mostraram que esta espécie não é tolerante a elevados níveis de insolação, principalmente quando concomitantes com baixos níveis de água disponível –, a elevada variabilidade observada depois de se ter tentado reduzir a variabilidade natural ligada ao estado de desenvolvimento das plantas, não foi tão fácil perceber. Na realidade há aqui um factor resultante da acção humana importante a sublinhar. Dado que estas plantas se encontram em muros da cidade velha, em locais com uma boa acessibilidade, e que *não são* pertença de ninguém, isto é, que são pertença de todos, isso faz com que devam ser por vezes colhidas para efeitos ornamentais, outras vezes sendo cortadas por razões de conservação. Por outro lado, o facto de voltarem a rebentar ramos adventícios a partir do caule que ficou ligado ao substrato através do sistema radicular, faz com que estas populações se mantenham. Os valores mais próximos obtidos para o “diâmetro do maior colo”, uma medida integrada do crescimento do espécime, corroboram esta ideia.

A Figura 3.6.7 mostra a relação encontrada entre o diâmetro do maior colo (também designado, para efeitos práticos, apenas por “diâmetro do colo” e a densidade média de plantas – número de indivíduos por m² de muro - encontradas no respectivo local.

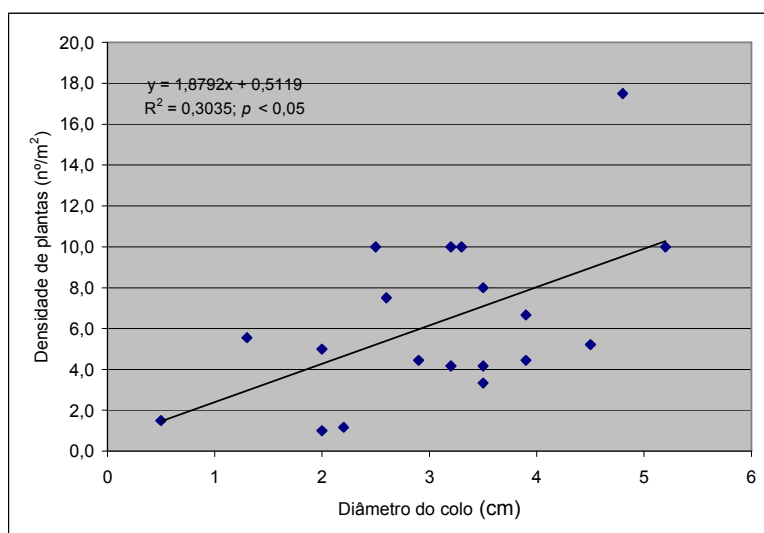


Fig. 3.6.7 – Relação linear entre o “diâmetro do maior colo” e a “densidade média” de plantas encontradas no mesmo local. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

Apesar da elevada variabilidade natural geralmente associada aos dados ecológicos, encontrou-se uma correlação positiva significativa entre estas variáveis. Este resultado sugere a existência ou de locais de maior “qualidade” (bioreceptividade das argamassas ou factores de natureza microclimática) ou simplesmente mais “protegidos” da colheita

esporádica. A verificar-se a primeira hipótese seria possível considerar a utilização destas variáveis de desenvolvimento das plantas como medidas da qualidade dos diferentes locais, nomeadamente, para o estabelecimento de índices de bioreceptividade (Guillitte, 1995), dos diferentes tipos de muro.

A Figura 3.6.8 revelou uma correlação altamente significativa entre o “diâmetro do maior colo” e a “altura do maior caule” encontrados em cada local. Pelas razões que decorrem do que foi dito atrás, nem sempre estas medidas foram obtidas para o mesmo espécime.

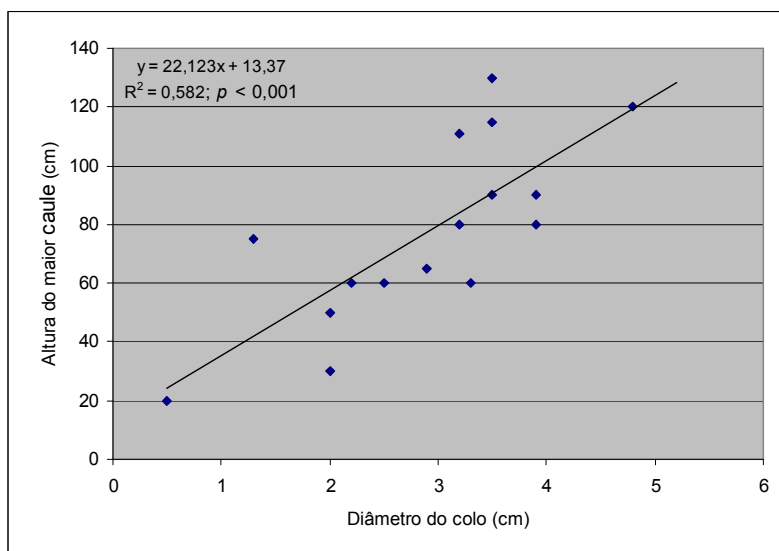


Fig. 3.6.8 – Relação linear entre o “diâmetro do maior colo” e a “comprimento do maior caule”. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

Tratando-se de uma planta vivaz que ao longo dos anos está sujeita ao corte dos caules floridos, a altura do maior caule observável, por não ter voltado ainda a atingir a sua máxima extensão, pode encontrar-se subestimada relativamente ao colo respectivo. Por outro lado, a presença de vários lançamentos (caules) num mesmo pé, pode traduzir-se num engrossamento adicional da zona do colo. Para além disso, o diâmetro do colo varia em função do espaço disponível para a raiz no interior da argamassa/muro, variando frequentemente na razão inversa, isto é, espaços estreitos conduzem, por vezes, a colos mais dilatados no exterior.

De qualquer modo, a boa relação encontrada mostra que o “diâmetro do colo” pode constituir uma boa medida do desenvolvimento total de cada indivíduo, podendo ser muito útil na monitorização do crescimento de plantas mesmo quando sujeitas a colheita.

Apesar do nível de ensombramento ser determinante para a presença desta espécie num determinado local, com níveis muito baixos de ensombramento a determinarem essencialmente locais A, a gama de valores tolerada pelas populações estudadas parece ser bastante larga (Fig. 3.4.1 e Tab. 3.4.1). Importa aqui relembrar que a variável “nível de ensombramento” foi construída com base num conhecimento empírico bastante profundo dos locais amostrados, para onde concorreram dados concretos de orientação

de exposição dos muros, juntamente com dados, numa escala mais arbitrária, obtidos a partir do estudo das sombras projectadas por objectos da urbe. Daqui ressaltam duas questões importantes: a primeira, talvez mais óbvia, é que esta escala necessita de validação; a segunda, decorre do facto de estarmos a trabalhar numa cidade e não em campo aberto e, portanto, num regime diário de luz muito particular. Pode referir-se, por exemplo, como diferença relevante entre estes dois sistemas, a natureza mais aleatória do regime luminoso sentido pelas plantas durante o fotoperíodo, com o aparecimento de golpes de luz intensa por deslocamento repentino de sombras, ou o ensombramento repentino a meio do período fotossintético. Relativamente à primeira questão, esperava-se que os dados biológicos, nomeadamente os de crescimento, validassem a escala utilizada; relativamente à segunda esperava-se que respostas fenotípicas das folhas, nomeadamente na morfologia foliar, densidade estomática e produção de antocianinas, ajudassem a perceber o impacto deste tipo de luz na economia do carbono (C) das plantas.

De modo a conhecer o efeito do nível de ensombramento no crescimento das plantas, bem como noutras estratégias adaptativas desta espécie relativamente ao regime de luz prevalente, relacionaram-se variáveis de crescimento e morfologia com o nível de ensombramento determinado neste trabalho. As Figuras 3.6.9 e 3.6.10 mostram o efeito deste no diâmetro do maior colo, no comprimento do maior caule e na área da maior folha.

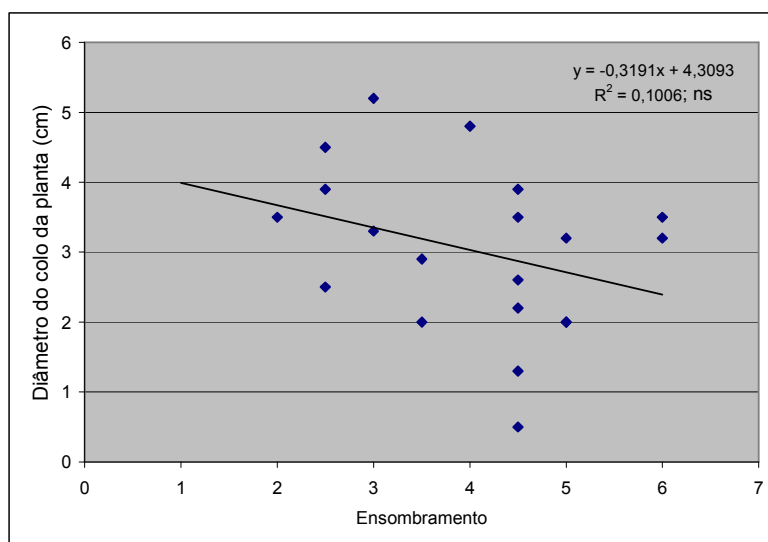


Fig. 3.6.9 – Relação entre o “diâmetro do maior colo” e o “ensombramento”. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

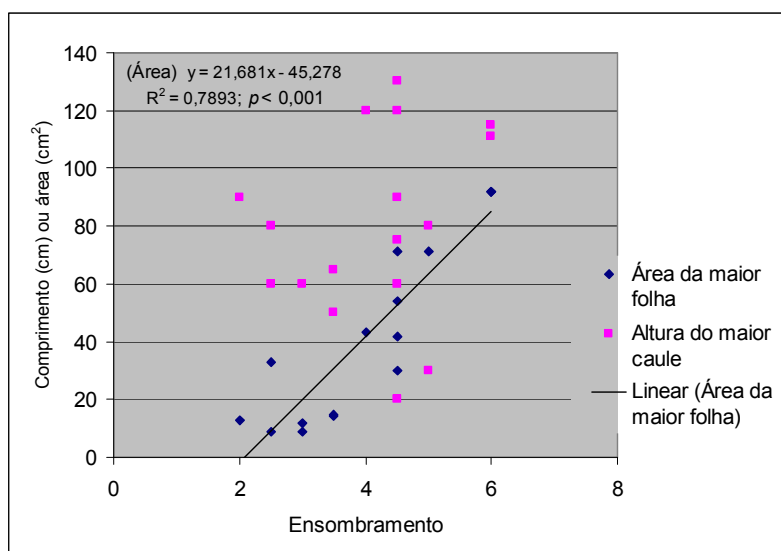


Fig. 3.6.10 – Relação entre o “comprimento do maior caule” e a “área da maior folha” com o “ensombramento”. A equação definidora da “área da maior folha” = f (“ensombramento”), o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

As três variáveis mostraram-se bastante variáveis e com uma distribuição regular por toda a gama de ensombramentos, não revelando, portanto, um nível de ensombramento preferencial. Contudo, enquanto o “diâmetro do maior colo” e o “comprimento do maior caule” não apresentaram qualquer correlação com o nível de ensombramento, a “área da maior folha” mostrou-se directa e muito significativamente correlacionada (Figs. 3.6.9 e 3.6.10). É de notar ainda que, apesar de não haver uma colonização preferencial com base no nível de ensombramento, as maiores folhas apresentaram áreas até dez vezes superiores às atingidas por folhas de locais mais expostos ao sol (Fig. 3.6.10 ou Tab. 3.4.1), numa demonstração de uma enorme plasticidade da morfometria foliar.

O aumento da área fotossintética da planta relativamente à biomassa de suporte, permitindo manter uma equilibrada gestão do C ao nível da planta inteira, é uma resposta ecofisiológica até certo ponto espectável a condições de luz limitante. Contudo, não se tendo verificado uma redução no crescimento dos caules (essencialmente biomassa de suporte), a alocação (do inglês “*allocation*”) de C para o aumento da área das folhas, em condições prevalecentes de baixas intensidades luminosas, terá de ser ponderada na economia global do C da planta.

3.6.3. Área foliar específica

A resposta foliar ao factor luz é muito versátil, passando ainda por aspectos relativos ao número e dimensões dos estomas, que serão abordados mais à frente, e por aspectos mais bioquímicos, nomeadamente a quantidade de pigmentos presentes nessas folhas. Para além do teor em clorofilas, protagonistas fotossintéticos por excelência, são de realçar as antocianinas, pigmentos vacuolares que conferem protecção às folhas absorvendo as radiações UV.

Da análise das plantas *in situ* verificou-se que nas plantas de zonas mais soalheiras, as folhas adultas ficavam gradualmente avermelhadas devido à produção destes pigmentos, surgindo toda uma variedade de tonalidades entre o vermelho-graná e o verde (até ao verde-claro apenas em plantas de locais com maior ensombramento), passando por misturas que incluem diferentes percentagem da superfície foliar com tonalidades avermelhadas, como, por exemplo, apenas a margem do limbo.

Da análise conjunta destas duas variáveis foliares – SLA e coloração verde/vermelha – construíram-se 6 classes de coloração, representativas das folhas existentes e amostradas. De acordo com a sua cor as folhas foram designadas como vermelhas-vermelhas se possuíam uma tonalidade grana, vermelhas, se possuíam limbo avermelhado, verdes-verdes-vermelhas se possuíam margem do limbo avermelhada, verdes-verdes se o limbo era verde-escuro, havendo ainda as classes verdes e verde-claro. Para estas diferentes classes foi-se estimar o valor médio de SLA correspondente. A figura 3.6.11 mostra o resultado obtido.

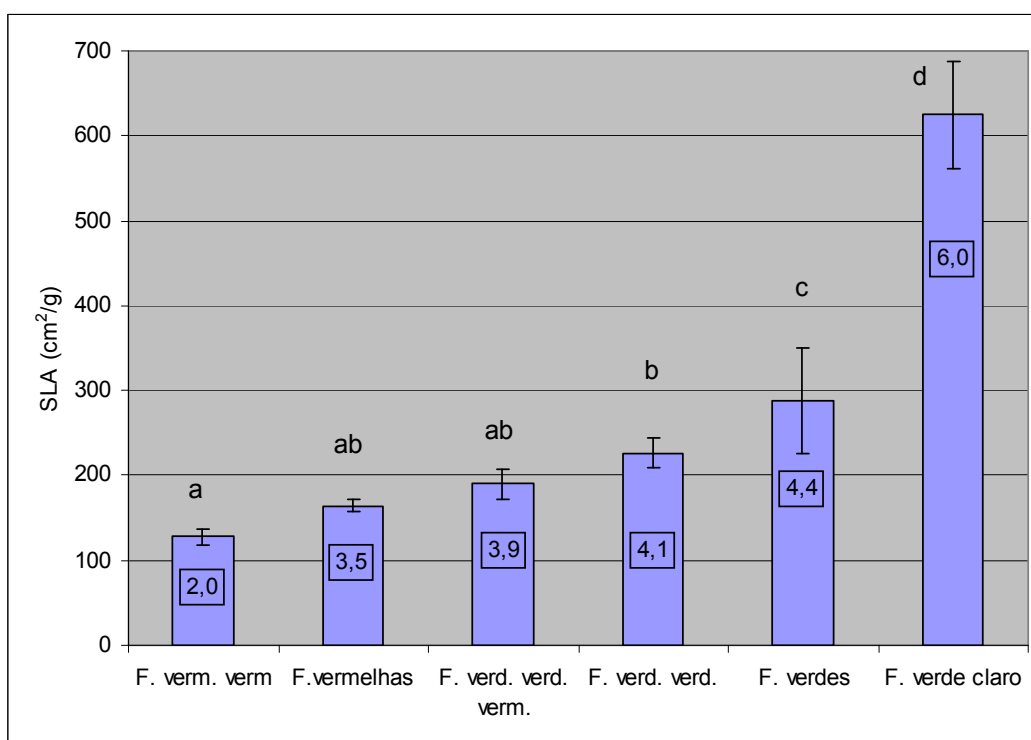


Fig. 3.6.11 – Valores médios de SLA ($n = 4-16$) para as 6 classes de coloração foliar construídas, com respectivos desvios-padrão (\pm). Legenda - Verm.: vermelhas, verd.: verdes. Os níveis médios de ensombramento correspondentes encontram-se incluídos nas respectivas barras de SLA. Valores médios com letras iguais não são estatisticamente diferentes.

A observação desta figura revelou claramente que em situação de elevada nível de luz (locais mais virados a Sul e com menores sombras projectadas - Ensomb. = 2) as folhas desta espécie reduzem drasticamente o seu SLA quando comparadas com plantas de locais muito ensombrados (Ensomb. = 6). A variação total foi de aproximadamente 5x. Essa alteração da anatomia foliar foi acompanhada por uma alteração paralela do nível de coloração avermelhada. As folhas de sol possuem níveis elevados de polifenóis (entre

os quais as antocianinas) com efeito protector da maquinaria celular relativamente à radiação solar e em particular à radiação UV-B (Paoletti, 2005; Lenk e Buschmann, 2006) ausentes nas folhas de sombra, verdes-claro, como se observa na figura 3.6.12.



Fig. 3.6.12 – Exemplos de algumas das classes de coloração das folhas de *Trachelium caeruleum*. Folhas “vermelhas-vermelhas”(em cima, à esquerda) folhas “verdes-claro” (em cima, à direita), folhas “verdes-verdes-vermelhas” (em baixo, à esquerda) e folhas “verdes” de plantas jovens (em baixo à direita).

Comparativamente a muitas espécies, *Trachelium caeruleum* parece revelar novamente aqui uma grande plasticidade, e valores de SLA relativamente elevados. Assim, enquanto que para *Trachelium caeruleum* os valores encontrados e situaram entre 119 e 719 cm²/g, para vinte e uma espécies de Angiospérmicas de florestas neozelandesas, White e Scott (2006) encontraram valores de SLA compreendidos entre um mínimo de 34,9 e um máximo de 220,7 cm²/g (White e Scott, 2006). Sarijeva *et al.*. (2006) encontraram em folhas de sol de *Ginkgo biloba* valores médios de 133,2, em comparação com os 422,4 para folhas de sombra. Evans e Hughes (1961) in Lambers *et al.* (1998) observaram variações em *Impatiens parvifolia* (uma planta de sombra) de 32 para 80 cm²/g e no girassol (*Helianthus annuus*) (uma planta de sol) de 26 para 36 cm²/g, com uma diminuição da irradiância de 100 para 5%. Em faia (*Fagus sylvatica*) foram encontrados valores médios para as folhas de sol de 121,1 e de 418,4 cm²/g para as folhas de sombra (Sarijeva *et al.*, 2006).

Sakcali e Ozturk (2004) chamam a atenção para vários estudos que demonstram existir

uma íntima ligação entre SLA, variabilidade genótipica e uso eficiente de água (WUE, do inglês *Water Use Efficiency*), o que se pode relacionar neste caso com a plasticidade genética descrita por Cosner *et al.* (1997) e por Sales e Hedge (2004) para *Trachelium caeruleum*.

Para além disso de acordo com Lambers *et al.* (1998) nas regiões temperadas a maioria das plantas superiores são, não espécies de sol ou de sombra obrigatórias, mas tolerantes à sombra – facultativas, o que contribui também para explicar parcialmente esta plasticidade arquitectural, da qual a SLA é parte fundamental.

3.6.4. Teor hídrico relativo foliar

De modo a conhecer o estado hídrico das plantas foi determinar-se o teor relativo em água das folhas (RWC) em plantas colhidas nos diferentes locais amostrados. A relação entre o RWC e o teor em água das argamassas amostradas encontra-se no figura 3.6.13.

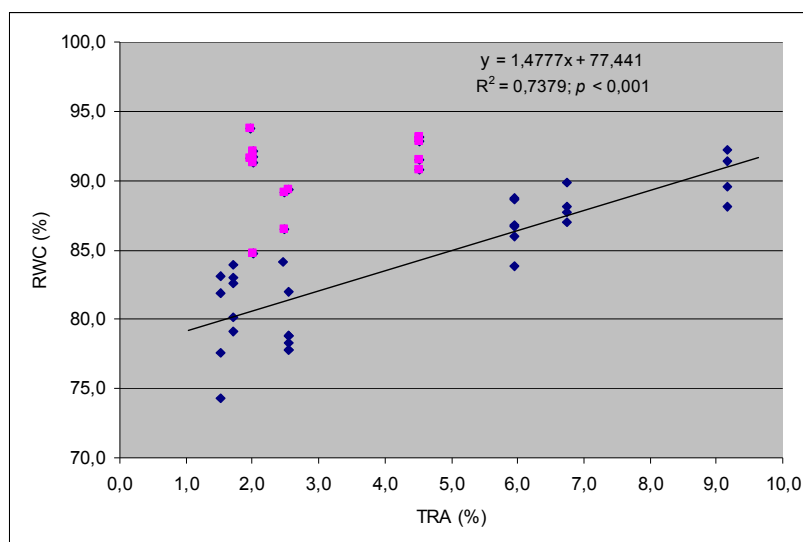


Fig. 3.6.13 – Relação entre o “teor hídrico relativo foliar” (“RWC”) e o “teor em água da argamassa” (“TRA”). A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura. Os pontos marcados a rosa correspondem a locais em que as plantas encontram fontes de água disponível para além da fornecida pelas argamassas dos muros onde se encontram.

Como seria possível prever encontrou-se uma dependência altamente significativa entre o RWC e o teor de água das argamassas dos muros. O RWC variou entre 75 e 94 %, encontrando-se a maior parte das plantas com um valor acima dos 80 %, o que é indicativo de um bom estado hídrico. A manutenção dum RWC adequado durante, pelo menos, a maior parte do fotoperíodo é importante para a manutenção da fixação de C e, assim, da manutenção do crescimento, bem como de actividades fisiológicas e metabólicas exigentes do ponto de vista energético e de C.

Foi fácil perceber pela distribuição dos pontos neste plano que alguns locais “fugiam” ao

previsto pela regressão (pontos marcados a rosa). De facto, verificou-se que estes locais tinham uma capacidade de armazenamento de água para além da estritamente relacionada com a argamassa presente no muro. Assim, por exemplo, alguns destes locais apresentavam grandes volumes de solo por detrás; outros encontravam-se muito próximos de importantes linhas de água (Rio Este). Deste modo, nesses locais, a capacidade de aprovisionamento e de disponibilização de água ao longo do Verão está aumentada relativamente a outros pontos comparáveis, com reflexos no RWC das plantas.

A figura 3.6.14 representa os valores médios e RWC para as diferentes classes de coloração foliar, sendo mais baixo nas folhas com coloração avermelhada, com maior exposição solar e mais elevado nas folhas de tonalidades apenas verde, com menor exposição solar, tal como seria de esperar.

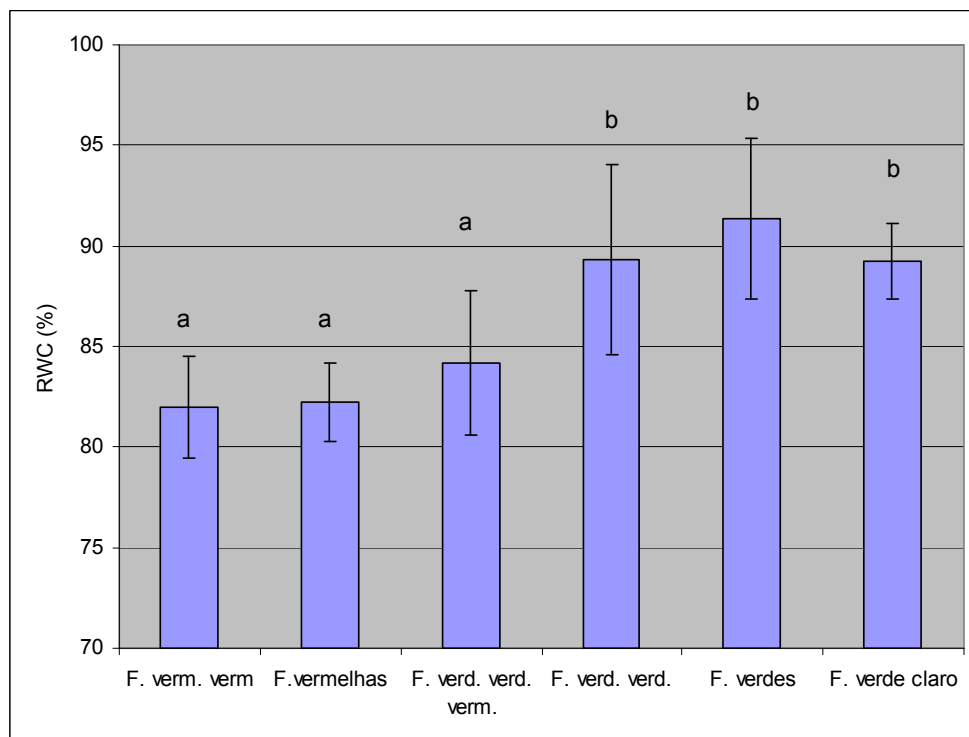


Fig. 3.6.14 – Valores médios de RWC ($n = 4-16$) para as 6 classes de coloração foliar construídas, com respectivos desvios-padrão (\pm). Legenda - Verm.: vermelhas, verd.: verdes. Valores médios com letras iguais não são estatisticamente diferentes.

3.6.4.1 Teor hídrico relativo foliar e ensombramento

Como o teor de água do solo é reduzido por evaporação e esta é maior em locais mais expostos ao sol, há geralmente uma relação directa entre o nível de sol (ou de ensombramento) e o teor de água no solo. Para além disso o ensombramento reduz também a temperatura da folha, e, conseqüentemente, o gradiente de difusão de vapor de água, permitindo às plantas uma maior eficácia na regulação do seu estado hídrico e, portanto, valores mais elevados de RWC (Sebanek, 1992, *in* [38]).

Ao confrontar os valores de RWC foliares obtidos com os níveis de ensombramento de onde as respectivas plantas foram colhidas verificou-se que existe uma correlação estreita (Fig. 3.6.15), apesar da variabilidade encontrada. É importante referir que parte desta variabilidade se deve ao facto de se estar a relacionar uma variável contínua com uma variável semi-quantitativa. Optou-se, ainda assim, por utilizar todas as observações em vez de valores médios visto o número de amostras para cada nível de ensombramento não ser igual.

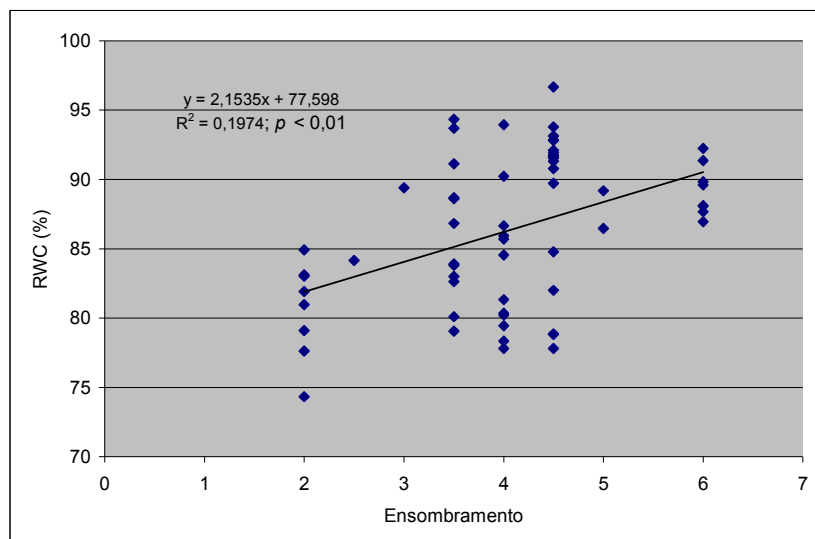


Fig. 3.6.15 – Relação entre o “teor hídrico relativo foliar” (“RWC”) e o “Ensombramento”. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura. Os pontos marcados a rosa correspondem a locais em que as plantas encontram fontes de água disponível para além da fornecida pelas argamassas dos muros onde se encontram.

Embora a quantidade de água na argamassa amostrada pudesse ser relativamente diminuta, o que também resulta da orientação/exposição solar dos muros, a capacidade de fornecimento de água do substrato permitiu que o nível de água nas plantas não fosse comprometido ou atingisse níveis críticos. Estes resultados sugerem que a colonização e desenvolvimento desta espécie em muros da cidade depende de um fornecimento de água que pode estar para além daquele aparentemente disponível, como já foi referido.

Por outro lado, a mesma quantidade de água na argamassa pode ter respostas

diferentes nas plantas em função das perdas de água devidas às diferentes exposições à luz. É pois importante analisar os níveis de teores de água da argamassa e de ensombramento e a frequência de ocorrência das plantas.

A figura 3.6.16 mostra a distribuição das frequências absolutas de locais por classes de “TRA” e de “ensombramento”, bem como a distribuição das frequências relativas dos locais P na totalidade dos locais de cada classe.

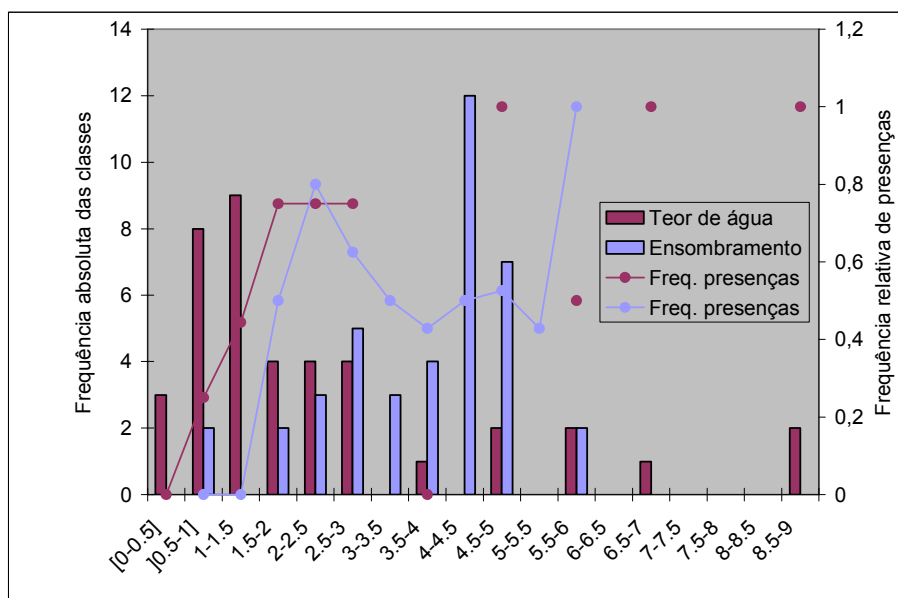


Fig. 3.6.16 – Frequências absolutas de locais por classes de “TRA” (barras escuras) e de “ensombramento” (barras claras) e frequências relativas dos locais P na totalidade dos locais de cada classe (círculos a cheio, no tom correspondente).

Como se pode observar, apesar da distribuição dos locais pelas classes de “TRA” estar enviesada para valores mais baixos, as frequências relativas dos locais P só foram máximas (100%) a partir das classes de valores mais elevados (> 4,5-5,0) e nulas para a classe mais baixa (0-0,5). Já a distribuição das frequências absolutas de “ensombramento” foi *quasi* normal; a frequência relativa de locais P apresentou valores > 50 % numa grande gama de classes (Fig. 3.6.16) e valores nulos nas classes mais baixas (< 2-2,5). Níveis baixos de ensombramento ou de água correspondem a áreas de exclusão de *Trachelium caeruleum*.

Este resultado está de acordo com anteriores que mostraram que esta espécie é bastante tolerante a diferentes níveis de sombra, sendo a sua dispersão mais limitada por baixos níveis de disponibilidade hídrica. Apresentou uma elevada plasticidade de respostas morfofisiológicas, capacitando-a para fazer face a elevadas intensidades luminosas (mais ou menos duradouras e/ou imprevisíveis), estando contudo dependente da manutenção de um elevado RWC, o qual depende, entre outros, da capacidade de regulação estomática da planta.

3.6.5 Análise estomática

De modo a perceber que tipo de respostas estomáticas se podem encontrar em *Trachelium caeruleum* particularmente em função da luz prevalente determinaram-se a “densidade estomática”, o “comprimento médio dos estomas” (e também a largura dos respectivos estomas) em plantas colhidas nos diferentes locais amostrados. A “área média dos estomas” e a “área estomática média x densidade estomática” foram determinadas a partir das variáveis anteriores. As figuras 3.6.17 a 3.6.19 mostram os resultados obtidos em função do nível de ensombramento respectivo.

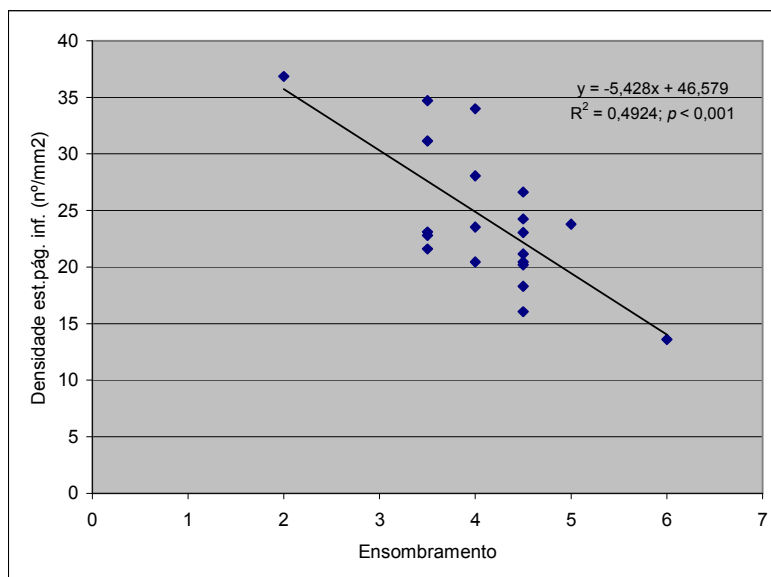


Fig. 3.6.17 – Relação entre a “densidade estomática” e o “Ensombramento”. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

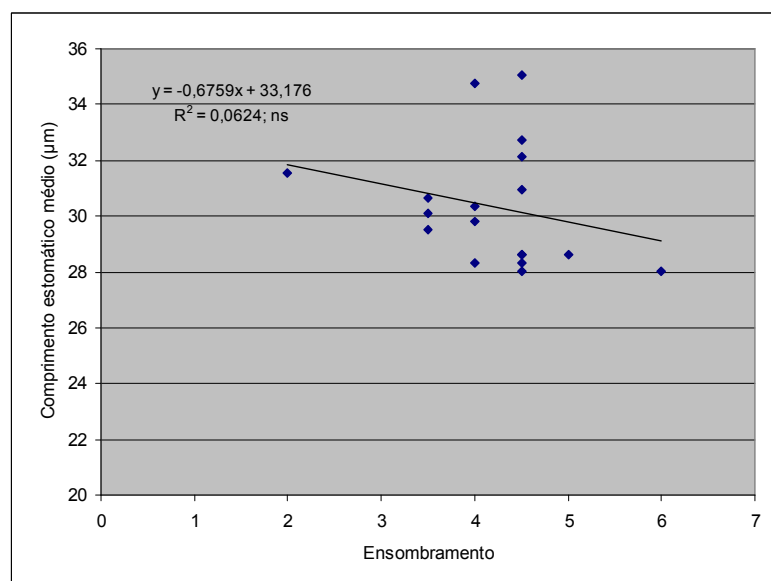


Fig. 3.6.18 – Relação entre o “comprimento estomático médio” e o “Ensombramento”. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

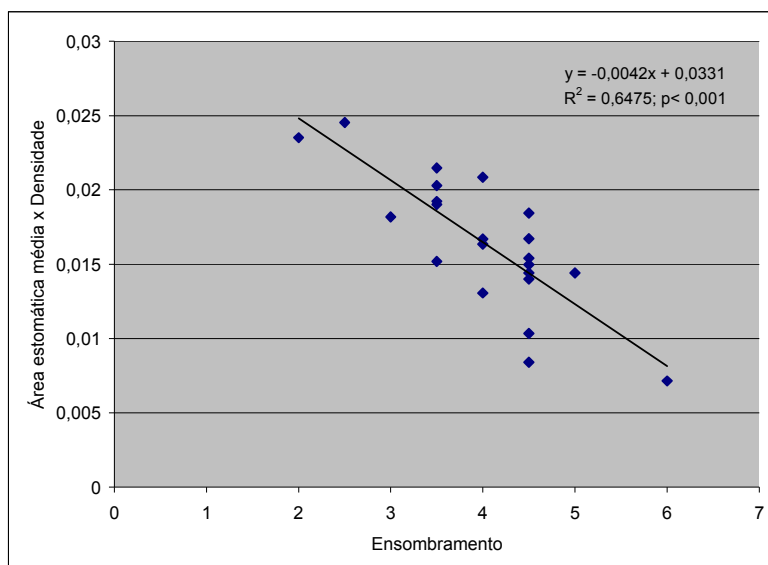


Fig. 3.6.19 – Relação entre a “área estomática média x densidade estomática” e o “Ensombramento”. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

Como se pode observar, o “comprimento médio dos estomas” não variou significativamente com o nível de ensombramento mas, e contrariamente ao que seria de esperar, a “densidade estomática média” e a “área estomática média x densidade estomática”, uma medida da área total disponível para trocas gasosas por unidade de área foliar, diminuíram significativamente com o crescente nível de ensombramento. Houve uma redução para 40% dos valores observados em plantas no menor nível de ensombramento, em plantas dos locais mais ensombrados.

Quando comparada com os valores citados pela literatura para plantas C3, a densidade estomática de *Trachelium caeruleum* é baixa. O número médio de estomas por mm^2 para plantas C3 varia entre 40 e 300 para a página inferior (Leegod, 1993, *in* [45]). Pereira e Kozłowski (1976) *in* Silva *et al.* (2001) citam valores de cerca de 300/ mm^2 para duas espécies de eucaliptos. Rojas e Rovalo (1979) encontraram densidades estomáticas de 203 para tomateiro, 400 para macieira, 281 para feijoeiro e 469 para arroz.

Uma observação interessante é o facto de apresentarem densidades estomáticas semelhantes às observadas em plantas com metabolismo do ácido crassuláceo (CAM). Kluge e Ting (1978) *in* Silva *et al.* (2001) citam valores de cerca de 27/ mm^2 para quinze espécies CAM, algumas sendo espécies adaptadas a locais desérticos secos, como as do género *Opuntia*, sendo este valor 10 a 20 vezes inferior ao de muitas espécies C3 e C4 (Herman *et al.*, 2001).

As dimensões dos estomas de espécies de Dicotiledóneas são mais variáveis do que as de Monocotiledóneas, podendo apresentar até quatro tamanhos em idades diferentes (Dunn *et al.*, 1965). De facto, e apesar de não ter sido abordada a variação da densidade e dimensões dos estomas ao longo da ontogenia foliar, a verdade é que foram observados, casualmente, estomas muito maiores em folhas do 5º nó e outros mais

velhos.

Segundo Henzell *et al.* 1976, in [39] a densidade estomática, mais ainda do que as dimensões dos estomas, pode variar na mesma espécie mais do que duas vezes em resposta à radiação solar, ao fornecimento de água, ou ao estágio de desenvolvimento. Os resultados por nós obtidos parecem ser concordantes com esta resposta geral.

A figura 3.6.20 mostra fotografias obtidas ao microscópio de folhas com diferentes densidades estomáticas, exemplificadoras do acima referido.

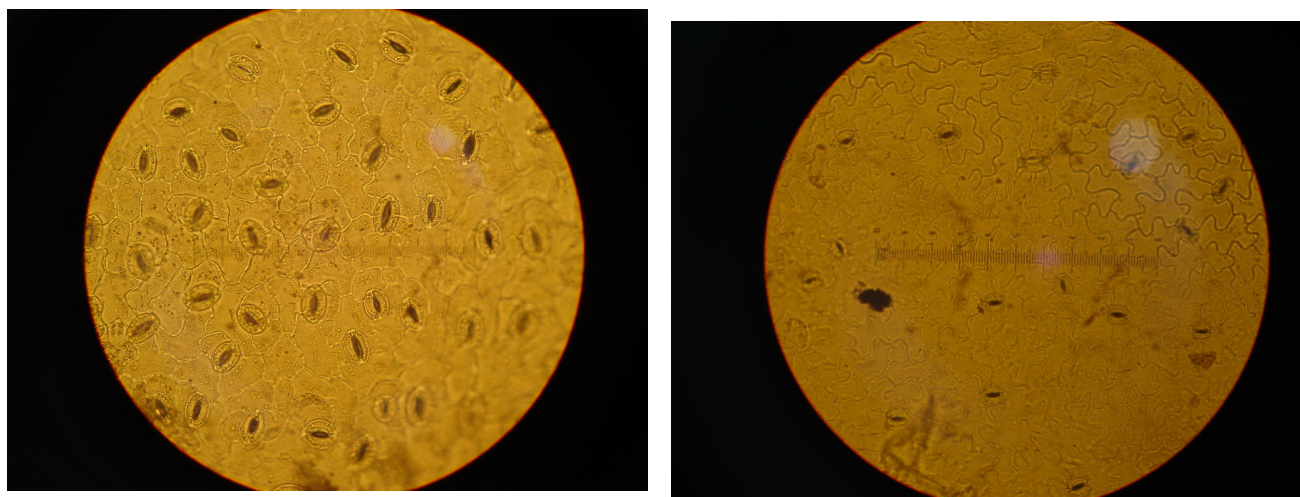


Figura 3.6.20 - Fotografias ao microscópio óptico de *Trachelium caeruleum* (400x). Pode observar-se a diferença na densidade estomática (fotografias do autor, 2006)

Na tentativa de entender de que modo as plantas desta espécie regulam a função estomática em resposta às condições ambientais de luz e disponibilidade de água, relacionaram-se as variáveis estomáticas estimadas. A figura 3.6.21 revela as respostas encontradas.

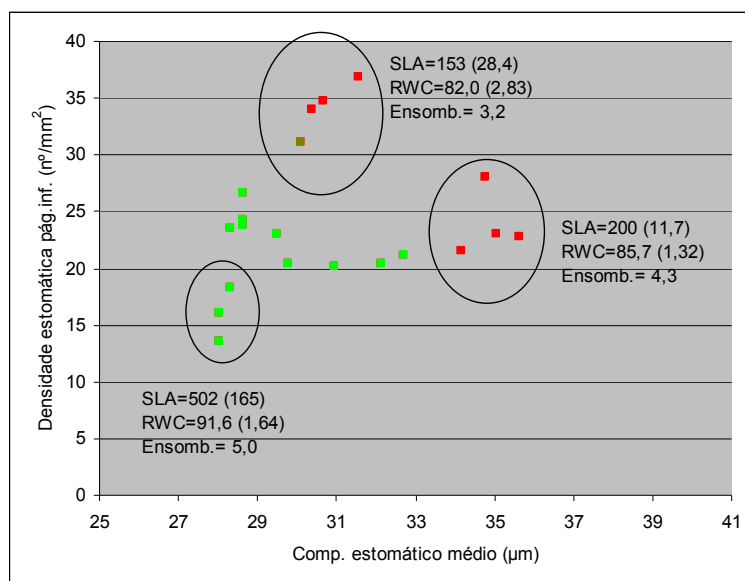


Fig. 3.6.21 – Relação entre a “densidade estomática” e o “comprimento estomático médio”. Os valores médios de SLA, RWC e Ensomb. obtidos para as amostras dentro de cada círculo encontram-se descritos na figura ao lado do respectivo círculo. Os quadrados vermelhos representam folhas com algum grau de coloração avermelhada.

Pela análise desta figura, e de uma forma geral, parece haver duas tendências distintas a partir de zonas de sombra (5,0):

- um aumento do comprimento médio dos estomas sem variação muito significativa da densidade estomática - ramo mais horizontal – ou,
- um aumento significativo da densidade estomática sem variação relevante do comprimento estomático – ramo mais vertical.

Uma diferença importante entre estes dois grupos de plantas com estas tendências distintas é que, enquanto as primeiras são plantas que também reduzem muito o SLA (200 vs 500 cm²/g), mas que apresentam RWC relativamente elevados (85,7%) e estão em locais de ensombramento intermédio (4,3); as últimas são plantas com SLA (153 cm²/g) e RWC (82%) mais baixos ainda, e de locais com muito baixo nível de ensombramento (3,2).

O grupo de plantas cujo comprimento médio dos estomas aumenta bastante, provavelmente porque está em condições de sombra intermédia e de água disponível, parece apostar em mesófilos de espessura intermédia e estomas de baixa resistência mas de baixa eficiência de regulação – “estomas gastadores” -, maximizando a função “fixação CO₂”. Estas plantas apresentaram algum grau de pigmentação.

Esta parece ser uma boa estratégia para condições de luz intermédia, salvaguardada a disponibilidade em água, onde podem ocorrer, pontualmente, situações de luz elevada (golpes de luz; alguns dias de sol mais intenso).

As plantas em situação de maior exposição solar e menor teor em água no substrato, na parte superior do gráfico, apresentam uma estratégia que parece maximizar a razão fixação de CO₂/transpiração foliar por unidade de área foliar. São plantas que apostam em mesófilos mais compactos, estomas de reduzidas dimensões (de alta resistência mas de alta eficiência de regulação) – “estomas conservadores” -, compensando as pequenas dimensões estomáticas, com elevadas densidades. De referir ainda que estas plantas são as que apresentaram os mais elevados níveis de pigmentação (figura 3.6.12) e as folhas mais pequenas, com típicas folhas de sol, numa demonstração de grande capacidade de fotoaclimação da espécie

Esta estratégia equipa as plantas para fazer face a situações de elevada intensidade luminosa duradoura, incluindo radiação UV-B, e a golpes de sol frequentes, e com uma menor disponibilidade hídrica ao longo do dia ou da estação do ano.

Na parte inferior esquerda do gráfico encontra-se o grupo de plantas com a menor densidade estomática e o menor comprimento estomático médio. Estas plantas encontram-se em locais de permanente ensombramento mas que são as mais favoráveis do ponto de vista da disponibilidade hídrica, tornando-se importante portanto, maximizar a função “captação de luz”. A estratégia adoptada parece reflectir isso mesmo: são as

plantas com mesófilos muito finos (2,5x os SLA das plantas B), sem pigmentação avermelhada, com investimento em folhas mais largas (fig. 3.6.10 e 3.6.12), em detrimento de aparelhos estomáticos muito eficientes, visto não precisarem ter um controlo apertado da transpiração.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por outros autores que referem que folhas de sol possuem, geralmente, uma maior densidade estomática (Boardmann, 1977) ou que quando se desenvolvem em condições hídricas mais desfavoráveis tendem a desenvolver estomas mais pequenos, para uma mais eficaz gestão do balanço hídrico (Larcher 1995 in [46]). Esta modificação adaptativa oferece melhores condições para uma rápida redução da transpiração pelo encerramento dos estomas e uma maior eficiência de trocas gasosas no período em que se encontrem abertos (Mauseth, 1988 *in* Boardman). Tendem igualmente a apresentar uma área foliar e uma menor área foliar específica menor (Villagra e Cavagnaro, 2006; Akoumianaki-Ioannidou *et al.*, 2004), o que lhes confere uma maior capacidade de retenção de água.

Tal como o observado para os parâmetros de crescimento e morfologia foliar, também no que respeita à anatomia e distribuição estomática *Trachelium caeruleum* apresentou uma elevada plasticidade fenotípica em relação ao nível de exposição solar/ ensombramento/ teor de água das argamassas. É capaz de regular a área transpirante através de diferentes combinações da densidade/dimensões dos seus estomas, dando provas de uma elevada capacidade de adaptação a ambientes muito diferentes do ponto de vista do regime de luz, mas também do fornecimento de água. Shillo *et al.* (2002) ao cultivarem esta espécie com água salina demonstraram mais um aspecto da sua flexibilidade ecológica, sendo muito provável que esta faceta se traduza também em variações da anatomia foliar, nomeadamente no número e dimensões dos estomas como observado por Salas *et al.* (2001) para *Lycopersicon esculentum* (tomate).

Em jeito de resumo e discussão final relacionaram-se os valores de SLA com os das variáveis estomáticas apresentando-se os resultados nas figuras 3.6.22 a 3.6.24.

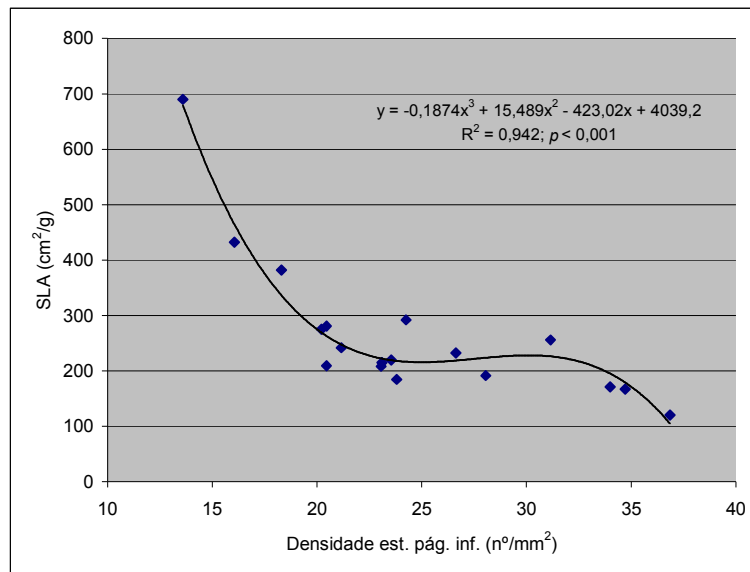


Fig. 3.6.22 – Relação entre a “SLA” e a “densidade estomática”. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

Esta figura revela uma variação significativa e inversa da densidade estomática com SLA apenas para valores muito elevados ou muito baixos desta variável. É de notar que a as maiores folhas dos locais mais ensombrados apresentam áreas até dez vezes superiores ao da área das folhas dos locais mais expostos ao sol.

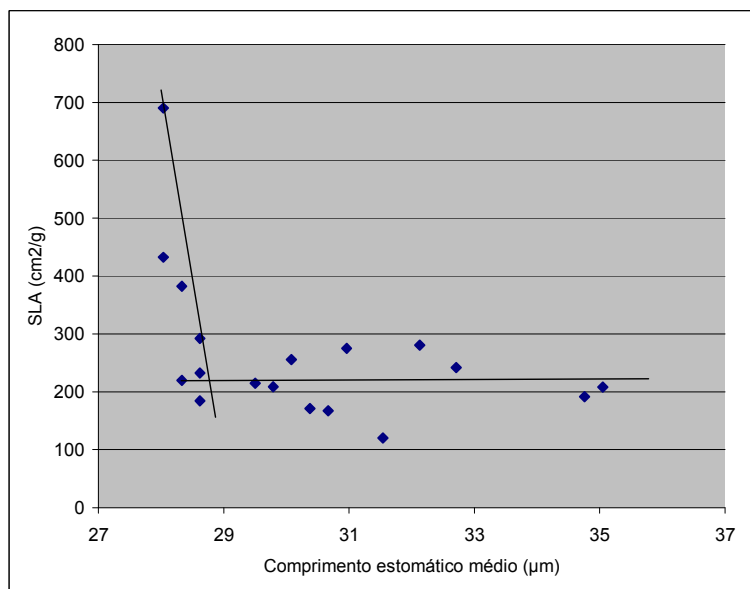


Fig. 3.6.23 – Relação entre a “SLA” e o “comprimento estomático médio”.

Apesar da razoável gama de valores observada para o comprimento estomático médio medido na página abaxial de folhas do 4º nó, a regulação desta variável encontra-se essencialmente “desligada” da área foliar específica.

Resultados e Discussão

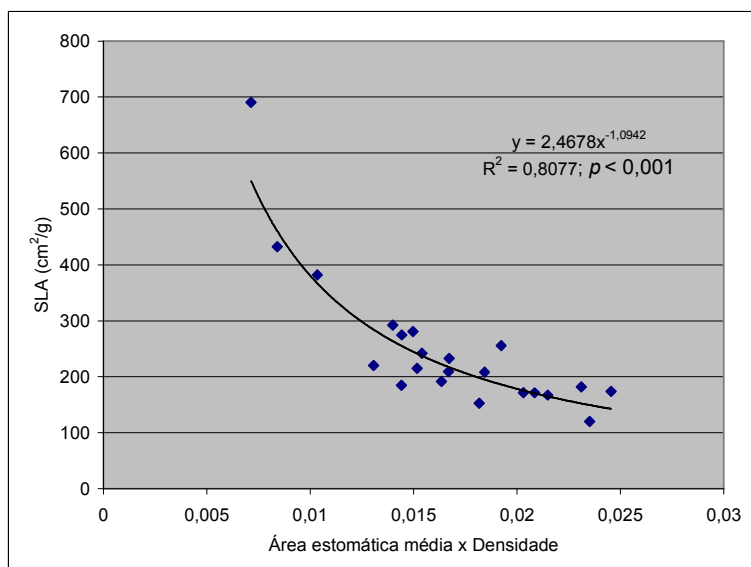


Fig. 3.6.24 – Relação entre a “SLA” e a “área estomática x densidade estomática”. A equação definidora, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância da correlação encontrado, tendo em conta os graus de liberdade disponíveis para o modelo, encontram-se incluídos na figura.

Nesta figura podemos observar uma função contínua e significativa em toda a gama de valores, com SLA a diminuir à medida que aumenta a área estomática total por unidade de área foliar. É esta função estomática que é regulada conjuntamente com a estrutura do mesófilo de modo a otimizar, para cada condição ambiental prevalecente, a capacidade de fixar C mantendo o equilíbrio hídrico que lhe é fundamental.

Pode dizer-se, então que, mais do que densidade estomática, que pode variar na mesma espécie mais do duas vezes em resposta à radiação solar, ou ao fornecimento de água (Lichtenthaler *et al.*, 1981; Henzell *et al.* 1976, *in* [39]), a variação da área estomática total em *Trachelium caeruleum* que pode variar na cidade de Braga até 3,5x, bem como a SLA, que pode variar, nas mesmas condições, mais de 5x, constituem os principais pontos de controlo da espécie face ao nível de luz e água na rizosfera, permitindo-lhe a colonização e o desenvolvimento em nichos muito diversificados.

Os resultados obtidos reflectem bem a influência da disponibilidade em água ao longo da estação de crescimento, condicionando o aparecimento de populações a pouca distância de linhas de água, em estruturas particulares de muros e retenção de solos por esses muros.

3.7. Culturas *in vitro* de *Trachelium caeruleum* L.

A informação sobre a propagação desta espécie está praticamente restrita a dados sobre condições de plantação ou macropropagação em viveiro (Armitage, 1990; Geertsen e Bredmose, 1987), [13, 10]. Tanto quanto nos foi dado encontrar na literatura disponível não foram encontradas referências a culturas *in vitro*, tendo no entanto sido encontradas no âmbito de experiências para produção de compostos com bioactividade a partir desta espécie, culturas transformadas com *Agrobacterium rhizogenes* para indução de “hairy roots” (Murakami, 1998)

Esta escassa informação tornou pertinente o estabelecimento de culturas *in vitro* de *Trachelium caeruleum*. Estas técnicas de propagação clonal – de plantas, tecidos ou células - em condições controladas permite duas abordagens importantes no âmbito deste trabalho:

- A confirmação dos requisitos em nutrientes essenciais tais como o Ca, e conhecer os níveis óptimos para o crescimento não só dos nutrientes como de pH, teor em água e intensidade luminosa.
- Sendo uma planta com tradição na medicina popular (Armitage, 1990; Geertsen e Bredmose, 1987) [10,13] a possibilidade de estabelecer diferentes tipos de culturas *in vitro* permitirá, em estudos futuros, o isolamento e estudo de fracções com bioactividade e posterior caracterização dos compostos bioactivos.

3.7.1. Germinação

De modo a seleccionar um meio de germinação para esta espécie foram testadas 4 condições: inoculação em meio MS sem pré-tratamento (MS), em meio MS após tratamento pelo frio (MS Frio), em meio MS com GA₃ sem pré-tratamento (MS GA₃), ou com pré-tratamento (MS Frio/GA₃).

A taxa de germinação das sementes foi cerca de 100 % em todas as condições testadas e para sementes dos diferentes anos (2005/2006).

Relativamente ao desenvolvimento das plântulas a Figura 3.7.1 mostra os resultados obtidos após 3,5 meses de cultura.

Resultados e Discussão

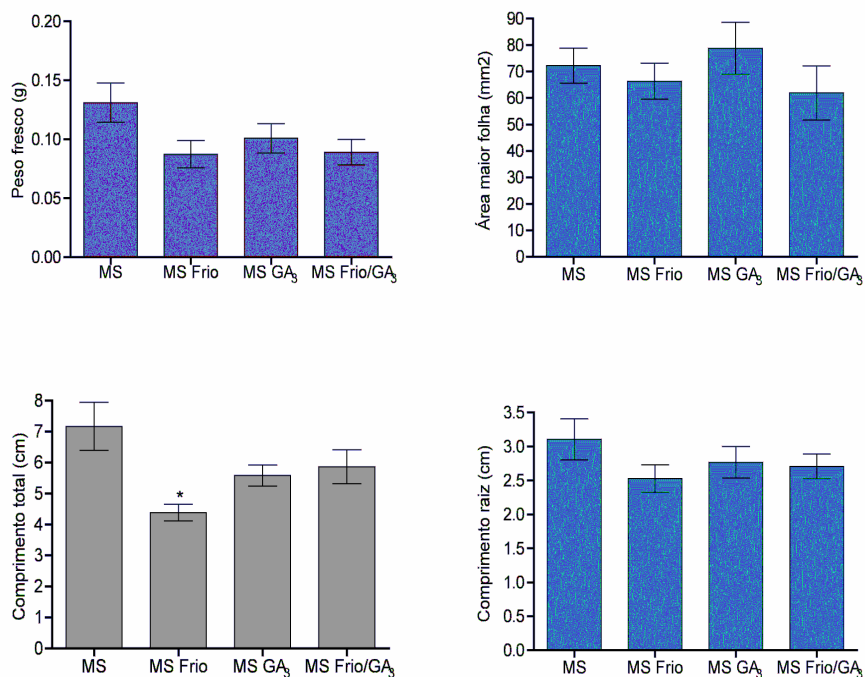


Figura 3.7.1 – (da esquerda para a direita e de cima para baixo) Valores médios de peso fresco das plântulas, área média da maior folha, comprimento médio total e comprimento médio da raiz principal das plântulas crescidas nas 4 condições testadas. O * significa um efeito significativo relativamente ao meio MS.

Como se pode observar não houve efeito significativo dos tratamentos testados nestes parâmetros de crescimento, à excepção do comprimento total das plântulas que foi significativamente menor no tratamento MS Frio relativamente ao tratamento MS. Por esta razão foi escolhido o meio MS sem fitorreguladores ou pré-tratamento pelo frio como meio de germinação *in vitro* para *Trachelium caeruleum*.

Estes resultados estão de acordo com o que é comumente referido na literatura sobre a facilidade de propagação desta espécie em viveiro.

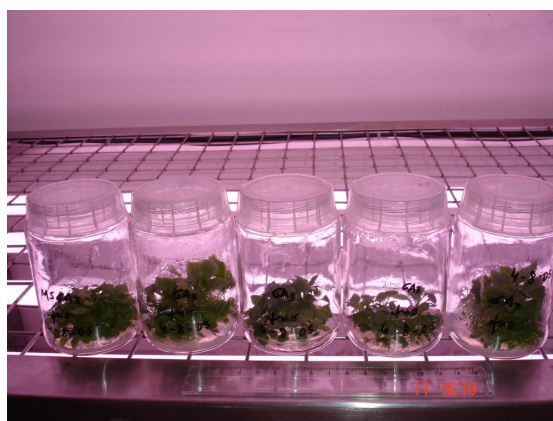


Fig. 3.7.2 - *Trachelium caeruleum* obtido por germinação em diferentes meios e cultura.

3.7.2. Micropropagação por segmentos nodais

A partir de explantes das plântulas obtidas *in vitro* procedeu-se ao estabelecimento de culturas *in vitro* de segmentos nodais para micropropagação, tendo-se testado duas suplementações hormonais tal como descrito na secção de Material e Métodos.

Infelizmente uma avaria na sala climatizada, impediu fazer a amostragem final de modo a avaliar o impacto dos tratamentos no comportamento das culturas. O seu lento desenvolvimento em condições *in vitro* (mais de 3-4 meses até atingir um tamanho razoável) não permitiu repetir esta experiência em tempo útil. Contudo, é possível apresentar registos fotográficos realizados ao longo do período de crescimento (fig. 3.7.3).

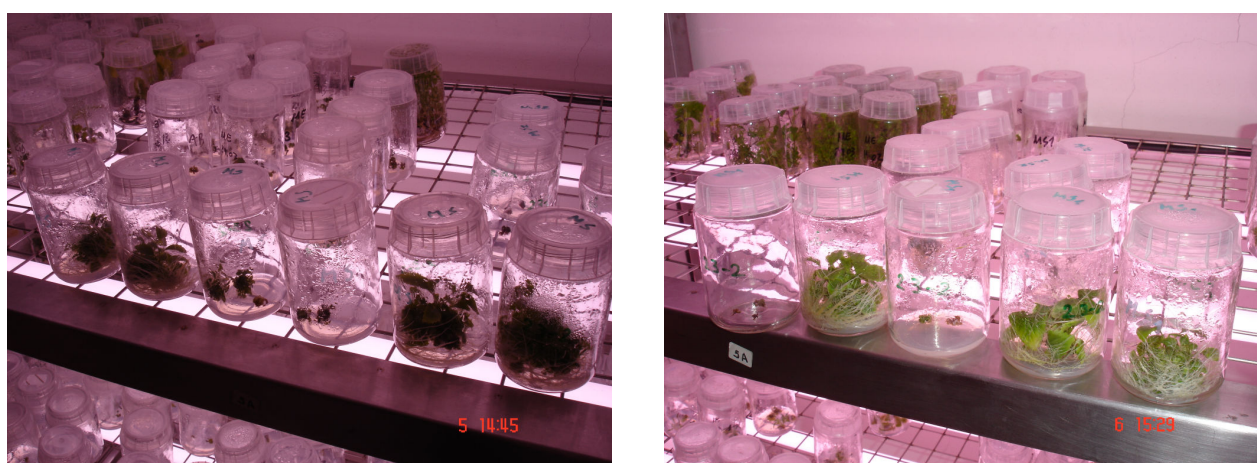


Fig. 3.7.3 - Culturas *in vitro* de *Trachelium caeruleum* em meio MS_0 (à esquerda), e com meio basal MS_1 (à direita). Pode observar-se uma forte profusão de raízes..

Não se observaram diferenças notórias de desenvolvimento na parte aérea ou no sistema radicular – profuso em ambos os casos, entre plântulas do meio MS_0 – meio basal MS sem fitorreguladores e as do meio MS_1 , meio basal MS com IAA 1,5 mg/L + KIN 0,5 mg/L.

4. DISCUSSÃO GERAL, CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Na sua globalidade, os resultados obtidos permitiram não só responder aos objectivos inicialmente traçados, como também iniciar a construção dum possível modelo explicativo da colonização de estruturas arquitectónicas, murárias em particular, da cidade de Braga por *Trachelium caeruleum*.

Mas, como em todos os trabalhos experimentais, e em particular os que abordam a escala do ecossistema, mais foi o que ficou para fazer. Muitos resultados obtidos em condições naturais contribuíram definitivamente para o melhor conhecimento da espécie mas também levantaram hipóteses que esperam confirmação, quer através de ensaios em condições controladas, quer em novas campanhas. As escalas propostas para proceder à caracterização de algumas condições *in situ*, apesar de terem sido suportadas pelos dados empíricos, carecem de mais validação. Apesar da plasticidade fenotípica encontrada, um trabalho de contextualização das estratégias adaptativas de *Trachelium caeruleum* necessita de mais informação, nomeadamente através de estudos comparativos com outras espécies, assim como do alargamento do estudo desta espécie a outros locais.

4.1. Condições para a colonização e desenvolvimento da espécie em muros

4.1.1. Condições físico-químicas das argamassas e bioreceptividade

A colonização dos muros antigos por *Trachelium caeruleum* implica a acessibilidade das suas pequenas sementes, especializadas na colonização de novas áreas a um substrato adequado à germinação e ao desenvolvimento da planta. Depois de implantado num local favorável, o tipo de propagação vegetativa por rebentamento de novos caules a partir da zona do colo, pode manter populações mais ou menos densas, conforme as condições de bioreceptividade do local durante muitos anos.

A possibilidade de acesso a um substrato adequado nos muros foi avaliada principalmente pelos ensaios sobre a dureza superficial das argamassas, que a limitam. Assim, sugere-se que esta espécie requer a presença de argamassa mole à superfície do muro, ou acessível a partir desta, com uma dureza igual ou inferior a 2 na escala utilizada para este trabalho. Outras espécies parecem apresentar requisitos de dureza menos apertados, ao que não será estranha a natureza limitada das reservas deste tipo de sementes (Ressel *et al.*, 2004).

Os factores físico-químicos do substrato que se revelaram mais determinantes para as plantas foram a presença de Ca^{2+} /carbonatos, de argilas, o pH e o teor de água.

Com base nas referências que permitem classificar esta espécie como calcícola e nos

resultados obtidos, admite-se que o papel dos carbonatos seja, sobretudo, o de elevar o pH ao mesmo tempo que e constituem uma fonte de cálcio a curto, médio e longo prazo. Os estudos dos muros permitiram observar que, em locais onde a argamassa nas proximidades da raiz era relativamente pobre em cálcio, existia sempre uma fonte carbonatada nas proximidades, à superfície destas estruturas arquitectónicas, que viabilizava a presença de populações nesse local. A carência desta fonte parece ser um factor limitante importante, pelo que, sendo os solos da região de Braga, e do Minho em geral, ácidos e pobres em cálcio, esta poderá ser uma das razões que explica a quase total ausência da espécie noutras áreas desta região. Muros de alvenaria ordinária, em que por escassez da cal nesta região as pedras foram argamassados com terra, na maior parte das vezes argilosa (aspecto comum em muros de vedação de quintais no interior dos quarteirões da zona do centro histórico da cidade e nas freguesias rurais), podem adquirir bioreceptividade quando pequenas intervenções de restauro têm lugar com recurso a aplicações pontuais e localizadas de cimento ou argamassas de cal, por exemplo por motivo de derrube. Outras vezes é o reboco de um dos lados do muro com cimento ou cal confere condições de bioreceptividade no outro lado do muro, cuja face não foi rebocada.

Curiosamente, como foi referido atrás, alguns locais onde a planta não se desenvolve apresentam valores elevados de cálcio. Como estes locais correspondem a muros com argamassas de dureza, média a elevada e ambas as variáveis se encontram directamente relacionadas, a resposta das plantas à concentração do catião cálcio terá de ser testada em condições controladas, de modo a esclarecer se a ausência é devida só à dureza superficial ou se resulta de possíveis efeitos tóxicos do ião. Estes ensaios estão em curso utilizando como material modelo culturas *in vitro* da espécie, de forma a investigar os níveis críticos de deficiência e de toxicidade em relação ao cálcio.

Outro factor que foi destacado refere-se à presença de argilas, ou terras argilosas, utilizadas entre as juntas ou presentes no enchimento do interior dos muros. Estes materiais argilosos terão contribuído, tal como a matéria orgânica quase sempre presente, para o estabelecimento de um meio rico em minerais essenciais e com elevada capacidade de retenção de água, podendo constituir reservas importantes de iões e de água no curto e no médio-longo prazo.

Os valores de pH encontrados em locais colonizados pela espécie estão tipicamente entre 6,5 e 8,5, com a maioria das ocorrências em valores situados ente 7 e 8. Os resultados obtidos sugerem que valores de pH fora deste intervalo são pouco favoráveis à colonização. De facto, os estudos feitos na zona de Tibães (onde por vezes as rochas xistentas sofreram caulínização, Ferreira *et al.*, 2000 b), mostraram que muros semelhantes aos de Braga mas construídos com abundância de argilas com pH acentuadamente ácido não eram receptivos, mesmo quando em presença de alguma

pouca cal no seu reboco. No caso dos muros antigos de Braga, a carbonatação, geralmente completa, contribui para a adequação do pH, que adicionada um teor de matéria orgânica favorável e um certo equilíbrio entre a cal e as argilas poderá ser o motivo da maior bioreceptividade destes muros a *Trachelium caeruleum*. Novos estudos permitirão discernir entre o papel do cálcio e o efeito de um pH neutro ou alcalino.

Os resultados das análises às argamassas, corroborados pelos dados ecofisiológicos, revelaram que as condições de humidade do meio constituem um outro factor muito importante de colonização e adaptação da espécie. Estas condições resultam, por um lado, do fornecimento natural de água, que parece ser decisivamente influenciado por condições facilitadoras de recarga – tais como, por exemplo, proximidade de linhas de água, certos aspectos da topografia, e pela existência de volumes de solo nas proximidades – e, por outro lado, da capacidade de retenção do meio, aspecto este condicionado pela exposição solar do muro, eventualmente modificada por efeitos de ensombramento, e pela composição da argamassa, nomeadamente em argilas e matéria orgânica, bem como pela sua porosidade.

Em resumo: parte das argamassas deve apresentar-se acessível, penetrável pela raiz da planta, ter uma fonte de cálcio e um pH neutro ou moderadamente alcalino.

Assim, os estudos realizados sugerem que muros antigos, com argamassas argilosas e com suficiente cálcio, muitas vezes com rebocos em mau estado de conservação, semelhantes aos muros com traça da zona histórica, possuem condições favoráveis à colonização por *Trachelium caeruleum*, nomeadamente se tiverem as condições de ensombramento apropriadas.

Do que foi exposto, parece razoável prever a existência de diferentes graus de bioreceptividade nos muros antigos da cidade de Braga, dependentes do tipo e estado das argamassas empregues no assentamento, enchimento e reboco, assim como da tipologia do muro.

Como foi sendo anteriormente indicado, o nível de ensombramento constitui um factor físico, não relacionado com o tipo de argamassas, que se revelou muito importante para a colonização e o desenvolvimento desta espécie. Esta variável, apesar de avaliada por uma escala construída para de um modo simples caracterizar o nível de luz global dos locais, acabou por ser muito importante e por ser suportada pelos resultados biológicos. Embora a espécie tenha revelado tolerância a uma larga gama de níveis de insolação, os locais com mais baixos níveis de ensombramento (< 2; na escala construída), em geral locais virados a sul, com pouca ou nenhuma sombra projectada nas horas de maior intensidade luminosa, não se mostraram passíveis de sustentar populações desta espécie. Para além do papel da orientação da estrutura, no ensombramento é necessário considerar, também, o papel desempenhado pela presença de obstáculos à exposição solar, tais como a presença de outras estruturas edificadas e de árvores. Para

além de factor de exclusão, o nível de ensombramento teve grande impacto nos aspectos do crescimento e morfofisiológicos estudados nestas populações, sendo um factor ambiental que promove ou limita a expressão da bioreceptividade dos muros a *Trachelium caeruleum*.

4.1.2 Processos de construção e restauro de muros e bioreceptividade

O estudo realizado sugere que os muros cujo assentamento/enchimento recorreu a terra, ou mesmo barro, ou pedra miúda, mas em que não há um meio rico em cálcio não se apresentam bioreceptivos a esta espécie.

Noutros caso a aplicação de um reboco de cimento tipo *portland* que impede o acesso da planta ao meio rico e mole de antigas argamassas de assentamento, normalmente conservadas durante intervenções de “restauro”. O refechamento completo de juntas de muros antigos com cimento pode ter igual efeito. Também um reboco novo de cal produzirá efeitos negativos em termos de bioreceptividade a esta espécie.

A ausência de povoamentos em toda a área recente da cidade sugere, também, que os muros de construção moderna, com uma argamassa dura de cimento *portland*, com elevados valores de pH e sem um meio nutritivo adequado, ainda se rebocados com cal, não apresentam bioreceptividade à espécie.

As condições de bioreceptividade dos muros à espécie podem no entanto conhecer alterações ao longo do tempo, em função do estado de conservação. Muros de construção moderna que, ao fim de algumas décadas, não só se encontram carbonatados como apresentam fendas nas quais se acumulam poeiras em quantidades suficientes, podem adquirir uma bioreceptividade limitada, neste caso secundária e semi-extrínseca.

Intervenções na área dos muros que alterem as condições de ensombramento, tal como o derrube ou a plantação de árvores, ou movimentações dos solos e outras alterações que modifiquem o regime de circulação da água na área de um muro, podem ter impactes significativos na expressão da sua bioreceptividade.

4.2. Estratégias adaptativas da espécie na cidade de Braga

4.2.1. Breves aspectos sobre a ecologia de *Trachelium caeruleum*

Garantidas as condições abióticas favoráveis a *Trachelium caeruleum*, esta espécie enfrentará no solo uma forte competição por parte de outras espécies tolerantes ao cálcio com estratégias reprodutoras muito agressivas como *Conyza canadensis* (avoadinha), uma exótica com grande capacidade de disseminação. Contudo, *Trachelium caeruleum* possui, em certas edificações antigas na cidade de Braga, condições de dominância e para um completo desenvolvimento do seu ciclo de vida, incluindo factores bióticos como diferentes espécies de borboletas que promovem a sua

polinização. Aí a planta é capaz de gerar uma grande quantidade de sementes viáveis, uma indicação segura da possibilidade de manutenção das populações neste habitat (Lambers *et al.*, 1998; Ressel *et al.*, 2004) capazes de alcançar áreas não colonizadas, mas a observação duma dependência de substratos com as características referidas, poderá explicar a não dispersão da espécie para solos ácidos e para muros de zonas onde a cal é um material raro, fora do centro histórico da cidade de Braga.

4.2.2. Respostas ecofisiológicas e plasticidade genética da espécie

Das respostas morfofisiológicas estudadas, *Trachelium caeruleum* demonstrou ser uma espécie com grande capacidade de adaptação, particularmente a diferentes condições de luz, mas também de água. A sua elevada plasticidade traduziu-se nos múltiplos fenótipos observados, quer ao nível do crescimento e anatomia foliar, revelando valores invulgares de área foliar específica, quer ao nível dos estomas, ajustando finamente o binómio densidade vs área estomática e a coloração das suas folhas, às condições hídricas e de exposição solar dos locais que ocupa. Contudo, apesar de ser uma espécie mediterrânica, não parece ser uma espécie muito resistente ao défice hídrico, tendo apresentado sempre um teor relativo em água elevado e a necessidade de uma fonte de água próxima para colonizar locais mais intensamente expostos ao sol, embora suporte muito bem ambientes de sombra seca.

Através da simples inspecção visual podemos distinguir as folhas grandes e mais largas, verde-claras e com limbo mais fino, características de locais sombrios, das folhas mais espessas, mais pequenas, mais estreitas e avermelhadas, dos locais com maior exposição solar. Os resultados experimentais permitiram quantificar estas e outras diferenças inconspícuas. Ao comparar plantas de sol e de sombra a densidade estomática da página abaxial variou até 2,7 vezes. a área foliar variou até mais de 10 vezes, a área foliar específica variou até cerca de 6 vezes, sendo esta última relacionada por diferentes estudos não só com plasticidade morfológica como também com variabilidade genética (Anyu e Herzog, 2004). A notável plasticidade fenotípica encontrada no decorrer deste estudo poderá ser um reflexo da elevada plasticidade genética de *Trachelium caeruleum* referida por Cosner *et al.* (1997). Estes autores verificaram que esta espécie possui um DNA cloroplastideal altamente rearranjado, apontando-a mesmo como um caso ímpar entre as restantes espécies terrestres estudadas.

4.3. Variáveis biométricas, índices de bioreceptividade e conservação

Os resultados deste estudo indicaram que a bioreceptividade dos muros antigos de Braga depende, não apenas de um único material e do seu estado de alteração, mas de um conjunto de materiais conjugados em determinadas condições e níveis. Será então necessário considerar uma **bioreceptividade estrutural**, entendida como a

bioreceptividade de uma estrutura complexa que resulta da conjugação de diferentes materiais dispostos de modo e proporções que facilitam a instalação, fixação e desenvolvimento do ciclo de vida de uma determinada espécie ou conjunto de espécies.

A bioreceptividade estrutural mostra-se mais complexa do que a bioreceptividade de um material único, já que resulta da interacção das propriedades dos diferentes materiais, que tanto podem ser cumulativas (como, no caso das fontes de cálcio) como contrastantes e antagónicas (como no caso dos valores do pH das argilas e da cal). Cada um desses materiais é indispensável à criação das condições de bioreceptividade estrutural, a tal ponto que a ocorrência da espécie fica comprometida na sua ausência.

Uma alteração na proporção relativa dos materiais presentes pode (também) ditar a diferença entre presença e ausência da espécie das estruturas. A disposição e extensão dos materiais presentes, por exemplo, no caso de *Trachelium caeruleum* um reboco de cimento ou cal no muro, pode nuns casos anular a bioreceptividade mas fracções desses materiais dispostas à superfície ou no interior dos muros podem, noutros potencia-la.

As características apresentadas parecem, assim, explicar a ausência de populações de *Trachelium caeruleum* nos solos da região, bem como nas construções mais recentes que apresentam tipologias construtivas diferentes e onde predomina a utilização do cimento *portland*, não estando presentes o conjunto dos diferentes elementos de que depende a bioreceptividade estrutural.

A boa relação encontrada entre variáveis biométricas, tais como o “comprimento do maior caule” e o “diâmetro do maior colo”, e a “densidade” das populações nos muros amostrados permitiu distinguir locais com diferente bioreceptividade a *Trachelium caeruleum*. Este resultado é de instrumental importância quando se pretender construir um índice de bioreceptividade de muros e outras estruturas a esta espécie.

Um eventual projecto de conservação de *Trachelium caeruleum* na cidade de Braga dependerá, principalmente, da manutenção da boa bioreceptividade dos muros com e da possibilidade de repor essa bioreceptividade nos locais desejáveis/ desnecessariamente alterados. Esta intenção, por si só, justificaria a necessidade da construção de um instrumento para medição da bioreceptividade. Alguns dos “ingredientes” principais parecem ter sido encontrados com este trabalho – factores relacionados com as argamassas e estrutura dos muros, por um lado, aferidos por respostas da planta, por outro, para determinadas condições ambientais de luz e água.

É necessário agora conjugar uma sensibilidade para a conservação, as técnicas e os materiais de construção murária tradicionais e, particularmente, um “olhar diferente: que veja os muros da cidade não apenas como objectos de carácter utilitário (ou extático) mas, simultaneamente, como artefactos culturais peculiares, produto do conhecimento

ancestral e dos materiais tradicionais, parte fundamental dum património construído com interesse próprio e público. É preciso deixar de olhar para as *viuvinhas* como um augúrio da necessidade de morosas e dispendiosas intervenções de “restauro”, mas vê-las como um património florístico espontâneo de elevado potencial estético e que harmoniosamente se encaixou, desde tempos imemoriais, na paisagem da urbe bracarense até porque não há qualquer relato que a aponte como responsável por danos em edificações.

4.4. Dispersão da espécie em Portugal: um novo olhar

A limitação da espécie a edificações antrópicas na cidade de Braga e nos poucas locais em que no Minho é encontrada - em substratos semelhante, muros antigos e com argamassas cálcicas -, sugere que a planta não é autóctone desta região, ao contrário do que é referido na *Flora Ibérica* (Castroviejo *et. al.*, 1986) . Assim, é proposta para o Minho, à semelhança do que já acontece para a Galiza, também pertencente à região Eurossiberiana, o estatuto de alóctone para esta espécie calcícola da região Mediterrânica.

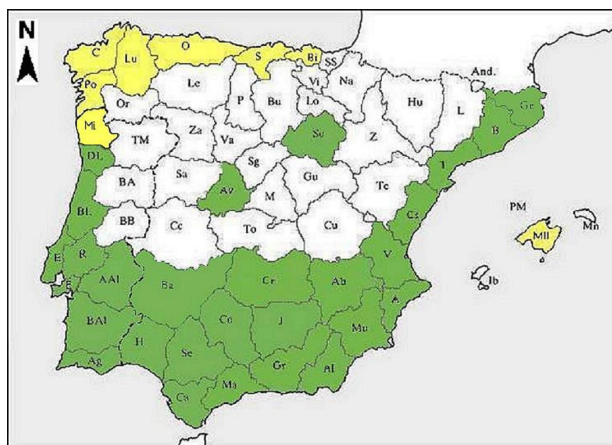


Fig. 4.1 - Proposta de reclassificação do estatuto de planta no Minho (figura adaptada de Flora Ibérica) (Castroviejo *e al.*, 1986). Verde - províncias de Portugal e Espanha onde a espécie é dada como autóctone e onde há uma ocorrência bem documentada. Amarelo – províncias de Portugal e de Espanha onde a espécie é alóctone, passando a incluir o Minho (ver para comparação a fig. 1.2.2).

Se a distribuição mais costeira parece estar de acordo com as exigências em recursos hídricos ao longo da estação de crescimento, poderia parecer à primeira vista mais difícil a interpretação duma distribuição mais meridional, com Verões mais secos e soalheiros. Na realidade é aí que fazem sentido os relatos da ocorrência de *Trachelium caeruleum* em habitats naturais rupícolas ribeirinhos, muitas vezes aproveitando também aí edificações como aquedutos e valados de rega.

Parecem assim reunidas as condições necessárias para entender a distribuição desta espécie a nível local, emergindo a hipótese de que nos habitats antrópicos que a planta encontra em Braga se encontram recriadas no essencial condições próximas daquelas que a espécie encontra nos seus habitats naturais

4.5. Perspectivas futuras

Seria interessante, neste âmbito verificar em que contexto geológico de pormenor ocorre *Trachelium caeruleum* nas diferentes regiões, nomeadamente a distribuição de ocorrência de rochas carbonatadas. Se a hipótese se mostrar correcta poderão vir a ser propostas alterações ao estatuto desta espécie também noutras regiões de solo ácido.

Em províncias de continentalidade acentuada como a de Ávila e Soria, assinaladas na figura 4.1 dá-se uma interessante coincidência com os relevos montanhosas aí presentes - sendo certo que tal se reflecte em termos de termotipo e de ombrotipo, traduzidos em zonas e andares bioclimáticos na dependência da altitude que importaria estudar, já que podem atenuar o efeito da aparente continentalidade.

Como foi sendo referido ao longo da discussão, alguns dos resultados obtidos necessitam confirmação em condições controladas. Muitos deles constituem, neste momento, as hipóteses de trabalho de um conjunto de experiências em condições *in vitro* já iniciadas ou projectadas para breve. Para referir alguns ensaios, o efeito dos níveis do cálcio e do teor de água no meio de cultura no enraizamento e desenvolvimento das plantas, a partir de sementes ou de rebentos caulinares, encontram-se em curso. O efeito da intensidade luminosa em culturas sólidas e do pH, provavelmente em meio líquido, serão iniciadas brevemente.

Por outro lado, alguns dos instrumentos construídos (escalas de dureza e ensombramento poderão vir a ser substituídos por instrumentos técnicos de precisão, mais adequados.

De modo a responder a outras questões, como sejam o estudo do desenvolvimento ontogénico das folhas, a diferenciação e regulação estomática, ou a plasticidade arquitectónica das raízes, novas campanhas de campo serão realizadas.

Para testar as hipóteses e as estratégias ecofisiológicas e o impacto dos factores físico-químicos-climáticos em *Trachelium caeruleum* num cenário mais global, este tipo de estudos poderá ser alargado a outras regiões, bem como a outras espécies.

Pensando num eventual programa de manutenção e conservação de *Trachelium caeruleum* haveria a necessidade de construção de um índice de bioreceptividade. Por tudo o que foi dito, pensamos que estão encontrados pelo menos alguns dos parâmetros fundamentais para a construção desse índice de bioreceptividade para *Trachelium caeruleum* nos muros antigos de Braga – os requisitos por um lado e as respostas quantitativas por outro - de forma a dispor de um método adicional para aferir a qualidade e a adequação dos diferentes muros, realçando o seu valor para a conservação da espécie, pelo que esse será um objectivo a curto prazo.

Serão prosseguidos os estudos da disseminação das sementes de *Trachelium*

caeruleum de modo a entender melhor a natureza dos constrangimentos que fazem com que a espécie esteja tão restringida a Braga. Sendo certo que estas plantas são capazes de produzir grande número de sementes viáveis durante o Verão que por serem muito pequenas podem facilmente ser dispersas pelo vento é necessário entender porque razão não ocorre em cidades limítrofes com centros históricos e tipologias murarias aparentemente semelhantes – um dado a confirmar.

Numa outra perspectiva de investigação, e aproveitando o sucesso encontrado no estabelecimento de culturas *in vitro* desta espécie, seria interessante estudar esta espécie sob o ponto de vista fitoquímico, nomeadamente de compostos com bioactividade. Como foi dito, esta foi uma espécie utilizada na medicina popular, por alegadas propriedades anti-inflamatórias no tratamento de afecções da faringe, tendo merecido, por isso, não só atenção como o seu restritivo específico. Isto confere-lhe um potencial interesse farmacológico que não se pode desprezar. O conhecimento adquirido, ao longo de anos de investigação na área das plantas medicinais e aromáticas e suas bioactividades, no Departamento de Biologia, é um garante de que esta perspectiva de trabalho futuro tem todas as condições para ser levado a bom termo.

5. REFERÊNCIAS

5.1. Bibliografia

- Akoumianaki-Ioannidou A, Georgakopoulos J, Fasseas C, Argyroudi-Akayunoglou (2004). Photoacclimation in *Spatthiphyllum*. *Journal of Photochemistry and Photobiology* 73, 149-158.
- Ali M, Jensen C, Mogensen V, Andersen M, Henson I, (1999). Root signalling and osmotic adjustment during soil drying sustains grain yield of field grown wheat. *Field Crops Res.* 62, 35–52.
- Alves C, Moreno M, Vilela S (2005). Sais Solúveis e Argamassas em Obras Arquitectónicas – Resultados de Casos de Estudo em Braga (NW Portugal), Évora (SE Portugal) e Torre de Moncorvo (NE Portugal). Actas do Seminário “Sais solúveis em Argamassas de edifícios antigos. Danos, processos e soluções. LNEC, pp. 22.1-22.8.
- Anyia A, Herzog H (2004). Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal Agronomy* 20, 327-339.
- Armitage, A (1990). New herbaceous ornamental crops research. *In*: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR.p. 453-456.
- Awal M, Ishak W, Endan J, Haniff M (2004). Determination of Specific Leaf Area and Area-leaf Mass Relationship in Oil Palm Plantation. *Asian Journal of Plant Sciences* 3(3) 264-268.
- Balen K (2005). Carbonation Reaction on Lime, Kinetics at ambient temperature. *Cement and Concrete Research* 35, 647-657.
- Beninni E; Takahashi H, Neves C (2003). Manejo do cálcio em alface de cultivo hidropônico. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 21 (4) 605-610.
- Bernardo J (1995). *Ecologia das Populações e das Comunidades*. Universidade Aberta p. 67.
- Blaisdell R *et al.* (2003) Recommended Procedures for Collecting, Processing, and Analyzing Soil Samples in CASMGs Research Plots. Consortium for Agricultural Soils Mitigation of Greenhouse Gases, p. 1-7.
- Boardman N (1977). Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 28, 355-377.
- Brindley G, Brown G (1980). *Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification*. Edited by Brindley G, and Brown G, Mineralogical Society monograph, Mineralogical Society, London.
- Buck R, Rondinini S, Covington A, Baucke F, Brett C, Camões M, Milton M, Mussini T, Naumann R, Pratt K, Spitzer P, Wilson G (2002). Measurement of pH. Definition, Standards, and Procedures. *Pure Appl.Chem.*, Vol. 74 (11) 2169-2200 IUPAC.
- Caneva G, Cutini M, Pacini A, Vinci M (2002). Analysis of the Colisseum’s floristic changes during the last four centuries. *Plant Biosystems* 136(3), 291-311.
- Casella G (2003). *Gramáticas de Pedra - Levantamento de Tipologias de Construção Murária*. Centro regional de Artes Tradicionais. Porto.
- Castroviejo S (Coordenador geral)*et al.* (1986). *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Vol.XIV MYOPORACEAE-CAMPANULACEAE. Real Jardín Botánico, CSIC. pp 141,142.
- Ceotto L, Banduk R, Nakakura E (2005). Revestimentos de Argamassas. Boas práticas em Projeto, Execução e Avaliação. *Recomendações Técnicas HABITARE Vol.1*, 81-86.
- Cosner M, Jansen R, Palmer J, Downie S (1997). Highly Rearranged Chloroplast

Referências

- Genome of *Trachelium caeruleum* (Campanulaceae). *Current Genetics Journal* 31(5):419-29.
- Costa J B (1999). Caracterização e Constituição do Solo. Fundação Calouste Gulbenkian, 6º Ed. pp. 82-89.
- Crawford R (1989). Plant Survival. Ecological case histories of plant adaptation to adversity. Blackwell Scientific Publishers. 296 p.
- Crete P (1948). Embryogénie Végétale – Embryogénie des Campanulacées – Développement de L'embryon Chez le *Trachelium caeruleum* L.. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l' Académie des Sciences 226(21), 1742-1744
- Cunha A (2001). Ontogénese lipídica associada à embriogénese somática e ao crescimento de culturas *in vitro* de linho (*Linum usitatissimum* L.). Tese de Doutoramento, U. Minho. 274 pp.
- Devlin R, Witham F (1983). Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California 575 p.
- Dunn D, Sharma G, Campbell C (1965) Stomatal Patterns of Dicotyledons and Monocotyledons. *American Midland Naturalist* 74(1), 185-195.
- Evensen K, Beattie D (1987). *Trachelium caeruleum: The umbrella flower*. Pa. Flower Growers Bul.. 380.p
- Fernandes F, Carvalho L (2003). *Portugal Botânico de A a Z*. Lidel. p. 312.
- Ferreira N, Graciete D, Meireles C, Sequeira Braga M (2000 a). Carta Geológica de Portugal à escala 1/50000. IGM. Folha 5-D Braga.
- Ferreira N, Graciete D, Meireles C, Sequeira Braga, M (2000 b) Carta Geológica de Portugal à escala 1/50000. IGM. Notícia explicativa da Folha 5-D Braga, 65 pp., Lisboa.
- Filella I, Penuelas J (1999). Altitudinal differences in UV absorvance, UV reflectance and related morphological traits of *Quercus ilex* and *Rhododendron ferrugineum* in the Mediterranean region. *Plant Ecology* 145, 157-165.
- Fontes R, Dias N, Silva D (2005). Growth dynamic, dry matter distribution and sweet pepper yield in unheated greenhouse. *Hortic. Bras.* Brasília, 23(1) 2005
- Fowden L, Mansfield T, Storddart J (1993). Plant Adaptation to Environmental Stress. Chapman & Hall, London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras. 346 p.
- Garcia-Amorena, Wagner F, Hoof T, Manzaneque F (2006). Stomatal response in deciduous oaks from southern Europe to the antropogenic atmospheric CO₂ increase; refining the stomatal-based CO₂ proxy. *Review of Paleobotany & Palynology* 141, 303-312.
- Garnier E, Shipley B, Roumet C, Laurente G (2001). A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional Ecology* 15(5), 688-695.
- Geertsens V, Bredmose N (1987). The Effect of Daylength and Temperature on Growth and Flowering of *Trachelium caeruleum*. ISHS Acta Horticulturae 205: Symposium on the Development of New Floricultural Crops, XXII IHC.
- George E (1993) Plant Propagation by Tissue Culture, Part I: The Technology. Exegetics Limited, Edington, England. 574p..
- Goma F (1979). El Cemento Portland y Otros Aglomerantes. Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona.
- Gomes C (1986). Argilas. O que são e para que servem. Fundação Calouste Gulbenkian, 457 p.
- Guerra F, Alves A (1986). História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal II Vol.

- Separata - Breve História Sobre as Farmacopeias Portuguesas até ao Século XIX. Academia de Ciências de Lisboa.
- Guillitte O (1995). Bioreceptivity: A new concept for building ecology studies. *The Science of the Total Environment* 167, 215-220.
- Guo W, Li B, Zhang X, Wang R (2006). Architectural plasticity and grow responses of *Hippophae rhamnoides* and *Caragana intermedis* seedlings to stimulated water stress. *Journal of Arid Environments*.15 p. *In Press*.
- Haridasan M, Araujo G (2005). Nutritional status of woody species of two semideciduous forests in Uberlândia, MG. *Rev. Bras. Bot.* 28 (2) 295-303.
- Heimans J (1954). L'accessibilité, terme nouveau en phytogéographie. *Vegetation*, 5-6, 142-146.
- Ho M, McCannon B, Lynch J (2004). Optimization modelling of plant root architecture for water and phosphorus acquisition. *Journal of Theoretical Biology* 226, 331-340.
- Honrado J (2003). A Flora e Vegetação do Parque Nacional da Peneda Gerês. *unpub.* Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Hutchings M (1988). Differential foraging of resources and structural plasticity in plants. *Trends in Ecology and Evolution* 3, 200-204.
- Hutchinson G (1958). Concluding Remarks. Cold Spring Harbour Symposium Quantitative Biology 22, 415-427.
- Jenkinson D, Ladd J (1981). Microbial Biomass in Soil: Measurement and Turnover. *In*: Paul E, Ladd J, (Ed). *Soil Biochemistry* 5, 455–471.
- Kofidis G, Bosabalidis A, Moustakas M (2006). Combined effects of altitude and season on leaf characteristics of *Clinopodium vulgare*. *Environmental and Experimental Botany*. *In Press*.
- Konen M, Jacobs P, Burras C, Talaga J, Mason J (2002). Equations for Predicting Carbon Using Loss-on-Ignition for North Central U.S. Soils. *Soil Sci. Am. Journal* 66, p.1878.
- Lambers H, Chapin III F, Pons T (1998). *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag, New York Inc.
- Lenk S, Buschmann C (2006). Distribution of UV-shielding of the epidermis of sun and shade leaves of the beech (*Fagus sylvatica* L.) as monitored by multi-color fluorescence imaging. *Journal of Plant Physiology* 163, 1273-1283.
- Liakopoulos G, Stavrianakou S, Karabourniotis G (2001). Analyses of Epicuticular Phenolics of *Prunus persica* and *Olea europaea*: Evidence for a Chemical Origin of UV-induced Blue Fluorescence of Stomata. *Annals of Botany* 87, 641-648.
- Liakoura V, Stephanou M, Manetas Y, Cholevas C, Karabourniotis G (1997). Trichome density and its UV-B protective potential are affected by shading and leaf position on the canopy. *Environmental and Experimental Botany* 38, 223-229.
- Liang R, Harbaugh B (2001). *Evaluation of Trachelium cultivars as cut flowers*. Hort Technology, 11: 316-318.
- Lichtenthaler H, Buschmann, Doll M, Fietz H, Bach T, Kozel U, Meier D, Rahmosford U (1981). Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. *Photosynth. Res.* 2, 115-141.
- Lima A (1994). Hidrogeologia de Regiões Graníticas (Braga – NW Portugal). Universidade do Minho. Dissertação de Mestrado. 202 p.
- Malavolta E, Vitti G, Oliveira S (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. 2ª Ed. Piracicaba: POTAFOS, 319 p.
- Marapoulou A, Bakolas A, Bisbikou K (2000). Investigation of the technology of historic

- mortars. *Journal of Cultural Heritage* 1, 45-58
- Maravalhas E (2003). Asborboletasdeportugal. Edição de autor. 455 p.
- Miller A, Dionísio A, Macedo M (2006). Primary bioreceptivity: A comparative study of different Portuguese lithotypes. *International Biodeterioration & Biodegradation* 57, 136-142.
- Murakami Y, Shimokura K, Yohihira K, Ishimaru K (1998). Polyacetylene in hairy root cultures of *Trachelium caeruleum* L.. *Journal of Plant Physiology* 152, 574-576.
- Murashige T, Shoog F (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15, 473-497.
- Nas M, Read P (2004). A hypothesis for the development of a defined tissue culture medium of higher plants and micropropagation of hazelnuts. *Scientia Horticulturae* 101, 189-200.
- Oliveira E (2001). A Freguesia de São Victor (Braga). Ed. Junta de Freguesia de S.Victor.
- Oliveira E (2006). Fontes da Imagem de Braga I: Vinte e Uma Fotografias de 1862-1863. 2º Edição, Barbosa & Xavier, Lda Editores, p. 21-47.
- Paoletti E (2005) UV-B and Mediterranean forest species: Direct effects and ecological consequences. *Environmental Pollution* 137, 372-379
- Pereira, A (2005). Simplifying the Thornthwaite-Mather water balance. *Bragantia*, Campinas 64 (2).
- Parés-Martínez J, Arizaleta M, Sanabria M, Brito L (2004). Características de los estomas, densidad e índice estomático y su variación en función a la ingestación en *Annona muricata* L. y *A. montana* MADFAC. *Bioagro* 16(3) 213-218.
- Pierce L, Running S, Walker J (1994). Regional – Scale Relationships of Leaf-Area Index to Specific Leaf-Area and Leaf Nitrogen-Content. *Ecological Applications* 4(2) 313-321.
- Popma, J, Bongers F, Werger M (1992). Gap-dependence and leaf characteristics of tropical rain forest species. *Oikos* 63 (2) 207-214.
- Prieto B, Silva B (2005). Estimation of the potential bioreceptivity of granitic rocks from their intrinsic properties. *International Biodeterioration & Biodegradation* 56, 206-215.
- Prieto B, Silva B, Aira N, Alvarez L (2006). Toward a definition of a bioreceptivity index for granitic rocks: Perception of the change in appearance of a rock. *International Biodeterioration & Biodegradation* 58, 150-154.
- Räsänen V, Penttala V (2004). The pH measurement of concrete and smoothing mortar using a concrete powder suspension. *Cement and Concrete Research* 34, 813-820.
- Rassinaux F, Petit J, Meunier A (1989). Ancient Analogues of Modern Cement : Calcium Hidrosilicates in Mortar Concretes from Gallo-Roman Thermal Baths of Western France. *Journal of the American Ceramic Society*, 72(6) 1026-1032.
- Reimann C, Caritat P (1998) Chemical elements in the environment. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 398 p.
- Ressel K, Guilherme F, Schavini I (2004). Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Rev. Bras. Bot.* 27(2)311-323.
- Reyes L, Cisneros-Zevallos L (2007). Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extracts of purple-and red-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Food Chemistry* 100, 885-894.
- Ribeiro O, Lautensach H, Daveau S (1988). Geografia de Portugal: o Ritmo Climático e a Paisagem. Ed. Sá da Costa, Lisboa pp. 337-623.
- Riddle C (1993). Analysis of Geological Materials. Marcel Dekker, Inc. New York, 463 p.

- Rivas-Martínez S, Díaz T, Fernandes-González F, Izco J, Loidi J, Lousa M, Penas A (2002). Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the checklist of 2001. *Itinera Geobotanica* 15, 5-432.
- Rojas M, Rovalo M (1979). Fisiología vegetal aplicada. McGraw-Hill - México, S.A.
- Salas F, Hedge I (2004). *Jasione* L. taxonomy and phylogeny. *Turk Journ. Bot.* 28, 253-259.
- Salas, J., M. Sanabria y R. Pire. 2001. Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. *Bioagro* 13(3) 99-104.
- Sakcali M, Ozturk M (2003). Eco-physiological behaviour of some Mediterranean plants as suitable candidates for reclamation of degraded areas. *Journal of Arid Environments* 57, 1-13.
- Sarijeva G, Knapp M, Lichtenthaler H (2006). Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Ginkgo* and *Fagus*. *Journal of Plant Physiology*. In Press.
- Sequeira Braga M (1988). Arenas e Depósitos Associados da Bacia de Drenagem do Rio Cávado (Portugal): Contribuição Para o Estudo da Arenização. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, 323 p.
- Sequeira Braga M, Paquet H, e Begonha A (2002). Weathering of granites in a temperate climate (NW Portugal): granitic saprolites and arenization. *CATENA*, Vol. 49, Issues 1-2(31) 41-56.
- Shillo R, Ding M, Pasternak D, Zaccai M (2002). Cultivation of Cut Flower and Bulb Species with Saline Water. *Scientia Horticulturae* 92, 41-54.
- Shirakawa M, Beech I, Taper R, Cincotto M, Gambele W (2003). The development of a method to evaluate the bioreceptivity of indoor mortar plastering to fungal growth. *International Biodeterioration and Biodegradation* 51, 83-92.
- Shulkina T, Gaskin J, Eddie W (2003). Morphological Studies Toward an Improved Classification of CAMPANULACEAE. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 90, 576-591.
- Silva F, Escribano-Bailón M, Alonso J, Rivas-Gonzalo J, Santos-Buelga C (2007). Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT* 40, 374-382.
- Silva H, Acevedo E, Silva P (2001). Anatomía del tejido fotosintético de diez taxa de *Opuntia* establecidos en el secano árido mediterráneo de Chile. *Rev. Chil. De História Natural*. 74(2), 341-351.
- Teutonico J (1988). A Laboratory Manual for Architectural Conservators. ICCROM Rome, p. 64,133.
- Trewavas A (2003). Aspects of Plant Intelligence. *Annals of Botany* 92, 1-20.
- Turolla M, Nascimento E (2006) Toxicological information of some herbal medicines used in Brazil. *Rev. Bras. Cienc. Farm.* 42(2), 289-306.
- Velho J, Gomes C, Romariz C (1998). Minerais Industriais – Geologia, Propriedades, Tratamentos, Aplicações, Especificações, Produções e Mercados. pp 55-65, 465-466.
- Villagra P, Cavagnaro J (2006). Water stress effects n the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco*. *Journal of Arid Environment* 64, 390-400.
- White J, Scott N (2006). Specific leaf area and nitrogen distribution in New Zealand forests: Species independently respond to intercepted light. *Forest Ecology and Management*, Volume 226, Issues 1-3, 1, 319-329.
- Zizzo GV, Amico Roxas U, Agnello S, Fascella G (1998). Programmazione della Fioritura Del *Trachelium caeruleum* L.. *Colture Protette* 9, 113-118.

5.2. URLs (e data de consulta)e Outras Referências

- 1 - http://www.ippar.pt/monumentos/conjunto_tibaes.html 29-10-2005
- 2 - http://pt.wikipedia.org/wiki/Mosteiro_de_Tibães 29-10-2005
- 3 - Catálogo e textos da exposição “A botica séc. XVII – XVIII. Museu dos Biscainhos e Museu do Mosteiro de S.Martinho de Tibães, Braga [1992]
- 4 - http://rbg-web2.rbge.org.uk/cgi-bin/nphreadbtreet.pl/feout?FAMILY_XREF=Campanulaceae&GENUS_XREF=Trachelium&SPECIES_XREF=caeruleum&TAXON_NAME_XREF=&RANK 25-7-2005
- 5 - http://www.europe.gbif.net/portal/ec_at_search.jsp 10/04/2005
- 6 - http://www.europe.gbif.net/portal/provider.jsp?providerkey=205&nextTaskecat_browser.jsp 10/04/2005
- 7 - <http://www.paghat.com/doctrine.html> 17-09-2006
- 8 - http://users.matrix.com.br/mariabene/breve_historia_das_ervas.htm 17-09-2006
- 9 - <http://www.paghat.com/throatwort.html> 5-8-2005
- 10 - <http://www.infojardin.com/fichas/perennes-anuais/trachelium-caeruleum-flor-de-la-vida.htm> 12-08-2005
- 11 - <http://davesgarden.com/pf/go/54308/index.html> 10/04/2006
- 12 - <http://www.agnr.umd.edu/users/ipmnet/field97.htm> 16-09-2006
- 13 - <http://www.io.com/~wilson/june2000.htm> 1-03-2006
- 14 - http://www.californiagardens.com/Plant_Pages/trachelium_caeruleum.htm 16-9-2006
- 15 - http://www.aniesannuals.com/signs/t%20u/trachelium_caeruleum_HP.htm 5-12-2005
- 16 - <http://www.anthos.es/v21/page.php?page=intro> 23-7-2005
- 17 - <http://www.programanthos.org/mapa.asp?rgenero=Trachelium&respecie=caeruleum&rinfra=&rinfrank> 14-9-2005
- 18 - <http://www.bgbm.fu-berlin.de/IOPI/GPC/default.asp> 15-8-2005
- 19 - <http://pt.wikipedia.org/wiki/Alvenaria> 4-4-2006
- 20 - <http://pt.wikipedia.org/wiki/Concreto> 16-4-2006
- 21 - <http://www.ii.ua.pt/uimc/divulga/dicionario/cimento1.html> 26-07-2006
- 22 - <http://www.bant.com.br/contrucoes/materiais/argamassa> 15-08-2006
- 23 - Carta dos Solos e Carta da Aptidão da Terra de Entre-Douro e Minho – memórias. Direcção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho.1995. 94 pp.
- 24 - <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/> 24-10-2004
- 25 - http://www2.spi.pt/agroambiente/docs/Manual_V.pdf 26-07-2006
- 26 - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ca/Key.html> 8-08-2006
- 27 - <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/solo.htm#calagem> 18-08-2006
- 28 - <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap05.htm> 30-11-2005
- 29 - http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362003000400005 13-07-2006
- 30 - <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrigado/correcao.htm> 14-11-2005
- 39 - <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c56/01600183.pdf> 22-11-2005
- 40 - <http://pt.wikipedia.org/wiki/Braga#Clima> 21-09-2006
- 41 - http://weather.yahoo.com/forecast/POXX0008_f.html 23-10-2006
- 42 - http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_1.htm 2-10-2005
- 43 - http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp?zona=continente&grupo=&tema=c_ph 17-7-2005
- 44 - <http://www.plantstress.com/methods/WRC.htm> 6-8-2005
- 45 - http://www.herbario.com.br/dataherb%20_rev_disc_univ_2_4/indiceestomalho.htm 2-1-2006
- 46 - <http://www.angelfire.com/ar3/alexcosta0/RelHid/Rhw8.htm> 7-01-2005